

**LATVIJAS BIOZINĀTŅU UN TEHNOLOĢIJU
UNIVERSITĀTE
MEŽA UN VIDES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
MEŽSAIMNIECĪBAS INSTITŪTS**

Reģistrācijas Nr.

Atļauts aizstāvēt.
Institūta direktore
Ph.D. B.Jansone

datums.....

Pāvels Rigalovs

**DAŽĀDAS INTENSITĀTES UN VEIDU KRĀJAS
KOPŠANAS CIRŠU IETEKME UZ PARASTĀS EGLES
(PICEA ABIES (L.) H. KARST.) AUGŠANU UN
SANITĀRO STĀVOKLI**

Maģistra darbs

Studiju programmas direktore, Ph.D.	_____ B. Jansone _____
	paraksts datums
Maģistra darba vadītājs, Dr.silv.	_____ Z. Lībiete _____
	paraksts datums
Maģistra darba vadītājs, Dr.silv.	_____ L. Zdors _____
	paraksts datums
Maģistra darba autors (MF17059)	_____ P. Rigalovs _____
	paraksts datums

Jelgava 2024

ANOTĀCIJA

Rigalovs, P. Dažādas intensitātes un veidu krājas kopšanas ciršu ietekme uz parastās egles (*Picea abies* (L.) H. Krast.) augšanu un sanitāro stāvokli: maģistra darbs. Jelgava: LBTU Mežsaimniecības institūts, 2024, 49 lpp.

Darbs satur 3 tabulas, 45 attēlus, 88 izmantotās informācijas avotus.

Parastā egle ir Latvijā un Eiropā plaši izplatīta koku suga ar augstu saimniecisko vērtību. Meža kopšana ir viens no mežsaimnieciskajiem paņēmieniem šīs vērtības uzturēšanai un palielināšanai.

Darba mērķis ir novērtēt dažādas intensitātes un veidu kopšanas ciršu ietekmi uz egļu audžu dendrometriskajiem rādītājiem un sanitāro stāvokli. Pētījums veikts Latvijas Valsts mežzinātnes institūta "Silava" 16 kopšanas ciršu objektos, uzmērot parauglaukumus pirms krājas kopšanas cirtes, apsekojot uzreiz pēc, un uzmērot piecus gadus pēc krājas kopšanas cirtes. Katrā objektā ierīkoti desmit līdz divpadsmit 30 x 30 m parauglaukumi, kas izkopti līdz sekojošiem biežības variantiem: 0,80, 0,68, 0,53, 0,38 un 0,53a (šajā variantā izmantota kopšana no augšas), kā arī nekopta kontrole; visi varianti divos atkārtojumos. Objektos plānotā parauglaukumu biežība sasniegta ar atšķirīgu ciršanas intensitāti atkarībā no sākotnējās biežības (0,80-1,21), līdz ar to ciršanas intensitāte izvēlēta par kopšanas cirtes ietekmes rādītāju un iedalīta četrās grupās: 1) nav veikta kopšana jeb kontrole, 2) zemas (5-25 %), 3) vidējas (26-45 %) un 4) augstas (>45 %) intensitātes kopšana. Kopšanas veids no augšas izpildīts tikai vidējas un augstas kopšanas intensitātes grupās. Audzes iedalītas divās vecuma grupās: astoņas audzes jaunaudžu vecuma grupā (20-30 gadi) un astoņas audzes vidēja vecuma grupā (45-55 gadi).

Salīdzinot krājas diferenci uzreiz pēc krājas kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās, konstatēts, ka jaunaudžu grupā (20-30 gadi) pieaugumi pārsniedz atmirumu abos kopšanas veidos (no apakšas un no augšas) visās kopšanas intensitātēs. Vidēja vecuma audžu grupā (45-55 gadi) augšanas procesu pārsvars pār atmiršanu konstatēts tikai nekoptajās audzes daļā (kontrolē) un zemas kopšanas intensitātes (5-25 %) parauglaukumos, bet visās pārējās intensitātēs abos kopšanas veidos krājas diferences ir negatīvas. Salīdzinot faktisko krājas pieaugumu, kas iegūts, salīdzinot dzīvos kokus uzreiz pēc krājas kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās (izmantojot tos objektus, kur ir iespējama identifikācija koka līmenī), ir konstatēts, ka jaunaudžu vecuma grupā un vidēja vecuma audžu grupā lielākais faktiskais krājas pieaugums ir nekoptajās audzes daļās (kontrolēs). Palielinoties kopšanas intensitātei, samazinās krājas pieaugums abos kopšanas veidos, toties faktiskā krājas pieauguma procents pieaug, palielinoties kopšanas intensitātei abos kopšanas veidos. Abās vecuma grupās, pieaugot kopšanas intensitātei, palielinās atmirušo un atmirstošo koku krājas īpatsvars abos kopšanas veidos. Vidēja vecuma audžu grupā atmirušo un atmirstošo koku krājas īpatsvars ir vairākas reizes lielāks nekā jaunaudžu vecuma grupā, un šī atšķirība ir būtiska.

Atslēgas vārdi: parastā egle, krājas kopšanas cirte, kopšana no augšas, kopšana no apakšas.

ANNOTATION

Rigalovs, P. Effect of type and intensity of commercial thinning on growth and health of Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Krast.) stands. Master thesis. LULST. Jelgava, 2024. 49 p.

Thesis contains 3 tables, 45 figures, 88 references.

Norway spruce is a tree species widely distributed in Latvia and Europe, with high economic value. To maintain this value, various forestry techniques such as commercial thinning are used.

The aim of the work is to determine the impact of different intensity and types of thinning on the dendrometric indicators and sanitary condition of spruce stands. The research was carried out in 16 commercial thinning sites of the Latvian State Forestry Institute "Silava". The sample plots were measured before the commercial thinning, surveyed immediately after, and measured again five years after the thinning. Each site contains ten to twelve 30 x 30 m plots. Different residual density remaining was planned for the sample plots - 0.80, 0.68, 0.53, 0.38 and 0.53a (in this variant, thinning from above was used), as well as untreated control, all variants were established in two repetitions. In the objects, the planned plot density was achieved with a different felling intensity depending on the initial density (0.80-1.21), therefore the felling intensity was chosen as an indicator of the effect of thinning and divided into four groups: 1) no maintenance or control, 2) low (5-25%), 3) medium (26-45%) and 4) high (>45%) thinning intensity. The thinning from above was performed only in groups with medium and high thinning intensity. The stands were divided into two age groups: eight young stands (20-30 years) and eight stands in the middle age group (45-55 years).

Immediately after felling and five years after it, it was found that in the young stands (20-30 years) forest growth prevails over dieback creating a positive volume difference in both types of thinning (from below and from above) in all thinning intensities. However, in the middle age group (45-55 years), this regularity was observed only in the untreated control and in plots with low thinning intensity (5-25%), while in all other thinning intensity classes the volume difference in both types of thinning was negative. By comparing the actual volume growth obtained by comparing live trees immediately after commercial thinning and five years after it (using those objects where identification at the tree level was possible) it was found that in both age groups the largest actual stock increase was in the untreated control. As the intensity of thinning increases, volume growth in both types of thinning decreases, but the percentage of actual volume growth increases with increasing intensity of thinning in both types of thinning. As the thinning intensity increases in both age groups, the proportion of dead and dying trees increases in both types of thinning. The proportion of dead and dying trees in the middle age group is several times higher than that of the young stands group, and this difference is significant.

Key words: Norway spruce, commercial thinning, thinning from above, thinning from below.

SATURS

IEVADS	5
1. LĪDZŠINĒJO PĒTĪJUMU APSKATS	6
1.1. Kopšanas cirtes vēsture	6
1.2. Egles ekoloģija	7
1.3. Normatīvā bāze kopšanas ciršu izpildei Latvijā	8
1.4. Kopšanas praktiskais pielietojums	8
1.5. Krājas kopšanas intensitāte	10
1.6. Kopšanas cirtes ietekme uz audzes sanitāro stāvokli	11
1.7. Eglu audzes un to sanitārais stāvoklis Latvijā	13
2. DARBA METODIKA	17
2.1. Objektu raksturojums	17
2.2. Parauglaukumu ierīkošana un uzmērīšana	18
2.3. Datu apstrādes metodes	20
3. REZULTĀTI UN TO ANALĪZE	23
3.1. Kopšanas ietekme uz koku augšanu	23
3.2. Mežizstrādes tehnikas radītie bojājumi	34
3.3. Sanitārais stāvoklis	36
SECINĀJUMI	43
PRIEKŠLIKUMI	43
IZMANTOTO INFORMĀCIJAS AVOTU SARAKSTS	44

IEVADS

Parastā egle (*Picea abies* (L.) H. Karst.) ir plaši izplatīta koku suga Eiropā un Latvijā. Eglei ir liela saimnieciskā un ekoloģiskā vērtība, kā arī sena audzēšanas vēsture. Attīstoties mežkopībai un pilnveidojoties pētnieku zināšanām, egļu mežaudžu audzēšana un kopšana ir mainījusies laika gaitā, kā arī mainījušās ar to saistītās grūtības un izaicinājumi. Šīs attīstības laikā ir izveidoti vairāki kopšanas paņēmieni, piemēram, tādi kā kopšana no apakšas vai augšas. Respektīvi, kopšanā no apakšas izkopjot mazākos kokus atbrīvojot augšanas telpu lielākajiem kokiem, bet kopšanā no augšas, izkopjot lielākos kokus atbrīvojot augšanas telpu mazākajiem kokiem. Ne tikai paņēmiena veids nosaka kopšanas cirtes ietekmi uz mežaudzi, bet arī šīs kopšanas intensitāte. Kā arī ir atšķirības, kādā audzes vecumā tiek veikta kopšanas cirte. Zināms, ka kopšanas cirtes nes arī riskus, tādas kā noturības pret vēju pazemināšanās un paaugstināta inficēšanās ar sakņu trapes sēnēm sakņu bojājumu rezultātā. Sagaidāms, ka klimata pārmaiņas arvien vairāk skars egļu mežaudzes un radīs apstākļus, kas apgrūtinās tās audzēšanu. Pie šiem apstākļiem pieder mizgraužu savairošanās, vētras, sausuma vai pārlika mitruma periodi, pārnadžu izraisītie bojājumi un trupi izraisīto sēņu izplatība. Lai mazinātu koku savstarpējo konkurenci, veicinātu ražīgas un veselīgas mežaudzes attīstību, nodrošinātu tautsaimniecību ar vērtīgiem kokmateriāliem un koksni, kā arī mazinātu ekonomiskos zaudējumus mežsaimniecībā, mežaudzēs noteiktos laika posmos tiek veiktas kopšanas cirtes.

Pētījuma novitāte ir saistīta ar parauglaukumu izvietojumu shēmu, tas ir vienas konkrētas audzes ietveros ir izveidoti vairāki parauglaukumi divos atkārtojumos ar dažādām paliekošām biežībām. Ir izmantoti divi kopšanas veidi (no augšas un apakšas), kā arī kopšanas ietekmes raksturošanai ierīkoti kontroles parauglaukumi šajā pašā audzē, nevis citā līdzīgā audzē. Tiek pētītas divas vecuma grupas, kuras atšķirīgi reaģē uz kopšanu.

Darbs izstrādāts Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silva".

Darba mērķis ir noteikt dažādas intensitātes un veidu kopšanas ciršu ietekmi uz egļu audžu dendrometriskajiem rādītājiem un sanitāro stāvokli.

Lai sasniegtu izvirzīto mērķi, ir noteikti sekojošie darba uzdevumi:

1. Noteikt dažādas intensitātes un veidu kopšanas ciršu ietekmi uz koku augšanu egļu audzēs;
2. Novērtēt mežizstrādes tehnikas radītos bojājumus pēc dažādas intensitātes un veidu kopšanas cirtēm egļu audzēs;
3. Noteikt dažādas intensitātes un veidu kopšanas ciršu ietekmi uz egļu audžu sanitāro stāvokli.

Tiek izvirzīta hipotēze: atšķirīgas kopšanas intensitātes un kopšanas cirtes veids atšķirīgi ietekmē pieaugumus un bojājumus.

1. LĪDZŠINĒJO PĒTĪJUMU APSKATS

1.1. Kopšanas cirtes vēsture

Mežaudžu kopšanai uzmanību pievērst sāka 18. gadsimtā, mežkopībai attīstoties un nostiprinoties izpratnei, ka ar mežsaimnieciskiem paņēmieniem no meža iespējams iegūt ne vien kurināmo koksni, bet arī vērtīgāku lietkoksni. Vācijā pieņēma, ka kopšanā nepieciešams izvākt slimus, zarainus un līkus kokus. Šis kopšanas paņēmienš kļuva pazīstams kā Vācu kopšana un vēlāk kā kopšana no apakšas. Šajā kopšanas paņēmienā tika izvākti koki, kuri aizietu bojā dabiskās atmiršanas rezultātā, lai labāk augošiem kokiem atbrīvot augšanas telpu no liekās konkurences (Zeide, 2006). Šiem kopšanas nosacījumiem tālāk pievienojās prasība, ka pēc kopšanas paliekošo koku vainagu klājs nedrīkst būt noslēgts, tātad ir paredzēts, ka pēc kopšanas paliekošo koku vainagiem būs atbrīvota vieta, kur izplesties. 19. gadsimta beigās G. Krafts ieviesa koku sociālās klases, iedalot tās atbilstoši individuālu koku vainaga attīstībai un piekļuvei saules gaismai. Šis mainīja pieeju pēc kopšanas atstājamo koku izvēlei: konkrēta atstājamo koku skaita vietā tika piedāvāts konkrētas koku sociālās klases izkopt un citas atstāt (Zeide, 2001). Šajā pašā laika posmā popularitāti guva kopšana no augšas. Pretēji kopšanai no apakšas, kopšanā no augšas tiek izkopti paši lielākie koki ar domu ļaut mazākajiem kokiem augt. Šis paņēmienš īstermiņā deva lielus ienākumus, bet ilgtermiņā iznīcināja mežaudzes augšanas potenciālu (Zeide, 2001; Буш, Иевинь, 1984).

Kopšanas efektu lielā mērā ietekmē audzes sākotnējais koku skaits (Буш, Иевинь, 1984). Laikam ejot, viedoklis par to, cik kokiem uz ha būtu jābūt egļu audzē, ir mainījies. Senākos laikos egļu audzes veidojās tikai atjaunojoties dabiski. Kad meža atjaunošanu sāka veikt cilvēki sējot un vēlāk stādot, tad vēl nebija skaidrs, cik daudz kokus uz hektāra vajag, bet pēc dabā novērotā tika secināts, ka sākotnējam koku skaitam jābūt lielam. Pirmās mākslīgi atjaunotās egļu audzes varēja būt atjaunotas ar līdz pat 10000 kokiem uz ha (Mangalis, 2004, Zālītis u.c., 2017).

Vērts pieminēt, ka Latvijā 20. gadsimta pirmajā pusē milzīgā kokmateriālu pieprasījuma dēļ no kopšanas cirtēm mēģināja iegūt pēc iespējas vairāk koksnes. Tā kopšanas cirtes kļuva par nozīmīgu koksnes ieguves paņēmieni, pēc principa, ka no galvenās cirtes ir pirmais koksnes kubikmetrs un no kopšanas otrš. Tādā veidā krājas kopšanas cirtē tika priekšlaicīgi nozāģēti valdaudzes koki, kuri varētu turpināt augt un ražot koksni līdz galvenajai cirtei. Šāda pieeja īstermiņā deva iespēju daudz ātrāk nocirst lielāku dimensiju kokus, negaidot galvenās cirtes vecumu, bet rezultātā audzes krāja galvenajā cirtē samazinājās. Jau 20. gadsimta otrajā pusē varēja redzēt, kādas sekas deva šī kopšanas pieeja. Dažkārt galvenajā cirtē krāja līdzinājās krājai 40 gadus vecā audzē (apmēram $230 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Šis process tika pārtraukts tikai 1985. gadā, kad pieņēma zinātnieka Kaspara Buša izstrādātos norādījumus par kopšanas cirtēm. Tie aizliedza priekšlaicīgu valdaudzes nociršanu un kopšanas ciršu izmantošanu kā galveno koksnes ieguves paņēmieni (Zālītis u.c., 2017). Pēc iepriekš minētajiem principiem tika veikta mežkopība audzēs, kurās galvenais iegūstamais produkts bija kokmateriāli. Bija arī īscirtmeta plantācijas ar mērķi iegūt papīrmalku tolaik strādājošai papīra rūpnīcai. Tādas plantācijas bija ar sevišķi lielu sākotnējo koku skaitu, kuri auga samērā cieši kopā ar mērķi iegūt maksimāli augstu koksnes krāju no platības vienības (Jansons, 2019).

Latvijas PSR laikos izšķīra jaunaudžu un krājas kopšanu. Jaunaudžu kopšana (neskaitot agrotehnisko kopšanu) iedalījās atēnošanā (līdz 10 gadu vecumam) un smalcītīrē (no 11 līdz 20 gadu vecumam), atsevišķi var pieminēt, ka jaunaudžu kopšanā nebija pieņemts kopt skujkoku tīraudzes, tātad jaunaudžu kopšanās novērsa lapkoku piemistrojumu. Krājas kopšana iedalījās retināšanā (otrajai vecuma klasei) un skrajcirtē (trešajai un ceturtajai

vecuma klasei). Krājas kopšanas cirtes veica pēc vairākām tehnoloģijām (Буш, Иевинь, 1984):

- šauru joslu - attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem 30 m;
- vidēju joslu - attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem 31-50 m;
- platu joslu - attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem 51 un vairāk.

Krājas kopšanas cirti varēja veikt divos veidos: ģeometriskajā jeb rindu kopšanā vai selektīvajā kopšanā. Rindu kopšanas paņēmieni ir ļoti viegls izpildījumā, audzē tiek nozāģēta vesela rinda koku pēc shēmā noteiktā skaita, piemēram, katra trešā rinda. Šis veids tiek kritizēts, jo pastāv iespēja nozāģēt rindu ar labi augošiem kokiem un atstāt nomāktos kokus. Selektīvās kopšanas paņēmienā audzē izvēlas nozāģējamus kokus pēc viņu individuālajām vitalitātes īpašībām (Буш, Иевинь, 1984).

Mūsdienu mežkopības vadlīnijas ir vērstas uz mežaudzes uzturēšanas izmaksu samazināšanu, pēc iespējas lielākas koksnes krājas ($m^3 ha^{-1}$) iegūšanu un audzes izturības veicināšanu pret dažāda veida ietekmēm, piemēram, vētras postījumiem vai kukaiņu invāzijām. Audzes biežības ($m^2 ha^{-1}$) samazināšana var gan samazināt galvenās cirtes krāju, gan palielināt pieaugumus un uzlabot paliekošo koku kvalitāti (Pretzsch, 2020). Tā audzes biežība kļūst par vienu no svarīgākajiem regulējošiem rādītājiem no audzes ierīkošanas līdz galvenajai cirtei. Ir jāsaprot kādos gadījumos kopšana palīdz un kad kaitē, jo kopšana var jūtami ietekmēt krājas pieaugumu. Zeide (2001) aprakstīja to, kā mainījās izpratne par meža kopšanu dažādos vēstures posmos, no seno laiku pieņēmuma dabai netraucēt ar kopšanu “jo daba zina labāk”, līdz pretējam viedoklim, ka kopšanas dod tikai labumu, tas ir, nozāģē augšanā neefektīvos kokus, paredzot dabisko atmirumu, un līdz mūsdienīgam pieņēmumam, ka kopšana palielina atsevišķu koku radiālos pieaugumus uz kopējā audzes krājas pieauguma samazināšanās rēķina.

Iepriekš Latvijā ir izmantotas divas mežizstrādes tehnoloģijas, sākotnēji stumbra tehnoloģija un tagad sortimentu tehnoloģija (Saliņš, 1999). Stumbra tehnoloģijā nocirsto koku var atzarot vai neatzarot, bet pievešana, parasti ar skideri, notiek pilna garuma kokam uz augšgala krautuvi vai speciāli paredzētu tālākas apstrādes vietu, kur šo pilna garuma koku sadala sortimentos un tālāk piegādā uz patēriņa vai pārstrādes vietām. Sortimentu tehnoloģijā nocirstos kokus gan atzaro gan sagarumo uzreiz cismā. Parasti šīs trīs darbības veic harvesteri, tad sortimentus forvarders pieved uz augšgala krautuvi tālākai piegādei uz patēriņa vai pārstrādes vietām (Kopšanas ciršu rokasgrāmata, 2008).

1.2. Egles ekoloģija

Parastā egle (*Picea abies* (L.) Krast.) (turpmāk egle) ir plaši izplatīta suga ziemeļu boreālo mežu zonā. Egles ir mūžzaļš pirmā lieluma skujkoks ar taisnu, zarainu stumbru, bet saimnieciski nozīmīgu un vērtīgu koksni, ēncietīga it īpaši jaunākā vecumā un daļēji ēncietīga vēlāk (Mauriņš un Zvirgzds, 2009). Atjaunojoties dabiski, egles izveido dažādvecuma audzi un bez mežkopības palīdzības nevar izveidoties jaunībā strauji augošas vienvecuma egļu audzes, jo sākumā egles ilgstoši aug paaugā, tad kā otrā stāva koki, un valdošās sugas vietu šīs egles aizņem tikai tad, kad pioniersugu lapu koku audzes noveco un sabrūk (Jansons, 2019). Egļu un bērzu (*Betula spp.*) mistraudzēs egļu vainagi veidojas zemāki un ar lielākiem zariem, kā arī stumbriem ir lielāks raukums, kas samazina lietkoksnis iznākumu (Bušs, 1989). Pēc vairāku gadu desmitu augšanas citu koku noēnojumā, pēc augšanas telpas atbrīvošanas egles ir spējīgas strauji pieaugt gan augstumā gan caurmērā (Zviedris, 1960). Egļu augšanai ir piemērotas irdenas smilšmāla un mālsmilts augsnes, kā arī meliorētās augsnes. Kā priekšnoteikums egļu augšanai meliorētās augsnēs ir laba augsnes aerācija jeb pietiekama ogļskābās gāzes aizvadīšana un skābekļa pieplūde sakņu sistēmai (Zālītis un Lībiete, 2004). Egles necieš ilgstošu sausumu. Pirmos gadus pēc iestādīšanas egles

ir ļoti jutīgas pret vēlām pavasara salnām - cieš skuju un pat dzinumi, bet jaunaudzes vecumā koki ir jutīga pret snieglieci vai snieglauzi (Mangalis 2004, Mauriņš un Zvirgzds, 2009). Damaksnī egļu audzes ir ražīgākas par priežu (*Pinus sylvestris* L.) audzēm, bet ir vairāk pakļautas dažādu faktoru ietekmei. Egļu mežaudžu augšanai pats piemērotākais meža tips ir vēris, kurā ir iegūstama liela un augstvērtīga koksnes raža (Bušs, 1989).

1.3. Normatīvā bāze kopšanas ciršu izpildei Latvijā

Atbilstoši mūsu valstī spēkā esošajam Meža likumam (2000) kopšanas cirtes drīkst veikt, ja audzes šķērslaukums ir lielāks par minimālo šķērslaukumu, ar nosacījumu, ka pēc kopšanas cirtes šķērslaukums nedrīkst būt mazāks ne par minimālo, ne par kritisko šķērslaukumu. Šis minimālais un kritiskais šķērslaukums tiek noteikts atšķirīgi audzēm, kuru augstums ir līdz 12 m un virs 12 m. Līdz 12 m augstumam izmanto konkrētās audzes valdošās sugas koku skaitu uz ha pie konkrēta koku vidējā augstuma, bet virs 12 m izmanto audzes valdošās sugas šķērslaukumu pie konkrētā vidējā augstuma (Noteikumi par koku ciršanu mežā). Meža likums nosaka, ka audzes minimālais šķērslaukums ir robežvērtība, pie kuras ir iespējama audzes turpmāka augšana un attīstība, bet audzes kritiskais šķērslaukums ir robežvērtība zem kuras tā vairs nav iespējama (Meža likums, 2000). Katrai koku sugai ir atbilstoši meža tipi, kuros to var audzēt kā mērķa sugu. Egle kā mērķa suga sausienos ir audzējama damaksnī (*Hylocomiosa*), vērī (*Oxalidososa*) un gāršā (*Aegopodiosa*), slapjajos slapjajā damaksnī (*Myrtilloso-sphagnosa*), slapjajā vērī (*Myrtilloso-polytrichosa*) un slapjajā gāršā (*Dryopteriosa*), purvainos tikai niedrājā (*Caricoso-phragmitosa*), āreņos šaurlapu (*Myrtillosa mel.*) un platlapju (*Mercurialiosa mel.*) ārenī, kūdreņos šaurlapju (*Myrtillosa turf.mel.*) un platlapju (*Oxalidososa turf. mel.*) kūdreņī (LVM mežizstrādes norādījumi...,b.g.).

Atbilstoši AS "Latvijas valsts meži" mežizstrādes norādījumiem par krājas kopšanu, krājas kopšanas cirtē paliekošos un izcērtamos kokus izvēlas pēc kopšanas veida, tas ir, kopšana no apakšas (apakšējā kopšana), kopšana no augšas (augšējā kopšana) un kombinētās kopšana. Kopšanā no apakšas tiek izkopti starpaudzes koki, tas ir, nomāktie un augšanas gaitā atpalikušie, slimie un bojātie koki, kas atbilst 4. un 5. Krafta klasei. Kopšanā no augšas tiek izkopti valdaudzes koki, tas ir, nevēlamās sugas valdošie koki (atbilstoši 1. un 2. Krafta klase), pieauguša koka caurmēru sasnieguši valdošie koki un koki ar sliktām vainaga īpašībām, kā arī slimie un bojātie koki. Kombinētajā kopšanā var izkopt gan starpaudzes, gan valdaudzes kokus, par prioritāti ņemot slimu, bojātu un nomāktu koku izvākšanu, kā arī vienmērīga koku izvietojuma un atbilstoša šķērslaukuma nodrošināšanu (LVM mežizstrādes norādījumi...,b.g.).

Veicot krājas kopšanas cirti, tiek iegūtas arī ciršanas atliekas, kuras var izmantot atbilstoši vairākām tehnoloģijām, tas ir, ciršanas atliekas iekļājot tehnoloģiskajos koridoros, atstājot izklaidus vai savācot un izvedot tālākai pārstrādei. Tehnoloģisko koridoru platība nedrīkst pārsniegt 20 % no krājas kopšanas cirsma platības.

1.4. Kopšanas praktiskais pielietojums

Tradicionālajā Eiropas mežkopības praksē kopšanu izmanto koku caurmēra pieauguma veicināšanai, koksnes kvalitātes uzlabošanai un ātrākai peļņas iegūšanai. To var panākt, savlaicīgi veicot gan jaunaudžu, gan krājas kopšanas. Par jaunaudžu kopšanas mērķi var uzskatīt vēlamā sugu sastāva izveidošanu, koku vienmērīga izvietojuma panākšanu pie atbilstošās biežības, kā arī audzes noturības pret snieglauzēm un vējlauzēm nodrošināšanu. Jebkuras mežaudzes stabilitātes rādītājs ir zaļā vainaga proporcija. Ja jaunaudze netiek kopta, tad savstarpējas konkurences ietekmē koki izstīdzē, un audzes stabilitāte samazinās.

Zaļā vainaga proporcija liecina par koka augšanas spējām. Pārbiezinātās jaunaudzēs šī proporcija samazinās, samazinoties arī produktivitātei un noturībai. Zaļā vainaga proporcijai eglei jābūt 2/3 no koka augstuma (Saliņš, 2002). Kad audze ir sasniegusi saimnieciski vērtīgu sortimentu izmērus, var veikt krājas kopšanu. Par krājas kopšanas mērķiem var uzskatīt augšanas telpas atbrīvošanu valdaudzes kokiem, to radiālo pieaugumu veicināšanu un ienākumu iegūšanu no realizējamās koksnes. Parasti tiek izkopti mazvērtīgie koki, kas kavē valdaudzes augšanu, un tie, kuri būtu nokaltuši savstarpējās konkurences un pašizretināšanās ietekmē tuvākajā nākotnē (Saliņš, 2002).

Ir veikti daudzi pētījumi ar mērķi noskaidrot dažādas kopšanas intensitātes (Judovalkis et al., 2005; Eriksson, 2006; Nilsson et al., 2010) un veida (no augšas vai apakšas) ietekmi uz krājas pieaugumu (Nilsson et al., 2010). Kopšana no apakšas (tiek izkopti mazākie koki) ir dominējošais paņēmiens Eiropā pēdējos divus gadsimtus (Zeide, 2001; Wallentin, 2007). Pamatojoties uz zviedru definīcijām, kopšanā no augšas pretēji kopšanai no apakšas, tiek izkopti lieli koki (Wallentin, 2007). Neskatoties uz īstermiņa ieguvumiem, kopšana no augšas ir reti pielietota praksē sakarā ar bažām par nākotnes pieaugumu pasliktināšanos, finanšu zaudējumiem un audzes noturību. Kopšana no apakšas egļu mežaudzē samazina krājas pieaugumu, salīdzinājumā ar nekoptu audzi, bet atšķirība ir neliela, ja kopšanas intensitāte nepārsniedz 40% no šķērslaukuma (Nilsson et al., 2010). Koka stumbra tilpuma pieaugums ir atkarīgs no vainaga izmēra, fotosintēzes iespējām un zaļā vainaga proporcijas, bet radiālais pieaugums pārsvarā ir atkarīgs no tuvāko kaimiņu koku skaita, daudzuma un izmēra (Deleuze, 1996, Pretzsch, 1992, Wallentin, Nilsson, 2011). Tādējādi, individuālu koku pieaugumu pēc kopšanas cirtes var izskaidrot ar vainaga izplešanos, lielāku gaismas piekļuvi apakšējiem zariem, kā arī mazāku konkurenci par ūdeni un barības vielām. Koksnes krājas pieauguma atšķirības dažādos kopšanas veidos ir atkarīgs no paša kopšanas veida, tā intensitātes un paņēmienu skaita. Kopšanas efekts var būt atkarīgs no konkrētās vietas un pieejamā ūdens daudzuma (Misson et al., 2003; Skovsgaard, 2009). Lai gan audzes krājas pieaugums tūlīt pēc kopšanas samazinās, kamēr vainagi un saknes atkopjas pēc traucējuma, pēc atkopšanās šis pieaugums palielinās un galu galā daļēji kompensē sākotnējo samazinājumu (Bradley, 1963). Dažos ilgtermiņa pētījumos (Jonard et al., 2006; Pretzsch, 2004) ir novērots vismaz neliels krājas pieaugums pēc kopšanas salīdzinājumā ar nekoptām audzēm, taču pārsvarā pētījumi par kopšanu egļu audzēs norāda uz krājas pieauguma samazinājumu, ja audze kopta intensīvi: kopjot ar 60-70% šķērslaukuma samazināšanu jaunākās audzēs vai atkārtoti veicot kopšanu intensīvi koptās vecākās audzēs, audzes krājas pieaugums var samazināties pat par 20% (Nilsson et al., 2010). Mērenākas intensitātes kopšana, novācot līdz 50% šķērslaukuma pirmajā paņēmienu un turpmākajos paņēmienu kopjot ar mazāku intensitāti, var dot nelielu krājas pieauguma samazinājumu (Johansson, Karlsson, 2004; Mäkinen, Isomäki, 2004;).

Kopšana no augšas Eriksson un Karlsson (1997) pētījumā parādīja par 6% zemāku krājas pieaugumu nekā kopšana no apakšas. Nilsson et al. (2010) pētījumā arī secināja, ka kopšanai no augšas ilgtermiņā ir tendence samazināt krājas pieaugumu. Pape (1999) novēroja, ka egļu audzēs nav būtiskas atšķirības zaru diametros, kopjot no augšas vai apakšas. Līdzīgi Jäghagen un Lageson (1996) secināja, ka nav būtisku atšķirību ārējos kvalitātes parametros (izņemot likumainību) kopjot no augšas vai apakšas priežu audzes. Toties Madsen et al. (1978) konstatēja, ka augšanas veicināšana pēc kopšanas ietekmē zaru diametru pieaugumu stumbra augšējā daļā (citēts no Liziniewicz, 2016). Pētījumos par iekšējiem koksnes kvalitātes rādītājiem Eriksson (1966) secināja, ka intensīvi koptās audzēs ir par 7% mazāks koksnes blīvums salīdzinājumā ar mazāk intensīvi koptām audzēm, bet Pape (1999) konstatēja, ka kopšanā no augšas iegūts par 3,5% lielāks koksnes blīvums nekā kopšanā no apakšas (citēts no Liziniewicz, 2016).

Latvijā veiktā pētījumā par vienvecuma egļu mežiem secināts, ka salīdzinot kopto un nekopto audžu taksācijas rādītājus, 10 gadus pēc kopšanas ir palielinājušies vidējā caurmēra un vidējā augstuma rādītāji, bet statistiski būtiski atšķiras tikai caurmēri. Vēl tika novērots, ka damaksnī un vērī bija lielāki papildu pieaugumi nekā slapjajā damaksnī un slapjajā vērī, kā arī šo pieaugumu kulminācija notika dažādā laikā pēc kopšanas, sausieņos 5. gadā pēc kopšanas un slapjajiem 8. gadā pēc kopšanas (Donis u.c., 2019).

1.5. Krājas kopšanas intensitāte

Kopšanas intensitāti mežkopis var izvēlēties atbilstoši konkrētai situācijai mežā, jo Latvijas normatīvie akti to nereglamentē, galvenais noteikums iekļauties šķērslaukuma robežvērtībās. Latvijas PSR krājas kopšanām līdz 1985. gadam bija četras kopšanas intensitātes: līdz 15 % vāja, 16-25 % mērena, 26-35 % stipra un vairāk par 35 % ļoti stipra kopšanas intensitāte. Kopšanas intensitāti noteica atkarībā no krājas atšķirības pirms un pēc cirtes (Dreimanis, 2016). Pašlaik praksē tiek pielietotas trīs līdzīgas intensitātes, piemēram, uzņēmumā SIA "Metsa forest Latvia" vāja kopšanas intensitāte ir līdz 15% no audzes krājas, vidēja 25-35 % un stipra intensitāte ir virs 35% (Kopšanas ciršu buklets, ..., b.g.). Pēc līdzīga principa nosakot kopšanas intensitāti no audzes izcirstā šķērslaukuma, Wallentin, Nilsson (2011) savā pētījumā izdalīja trīs intensitātes. Pirmā ir nekopta kontroles audze (ar intensitāti 0%), otrā ir normālas intensitātes kopšana ar 30% izcērtamā šķērslaukuma un trešā ir intensīva kopšana ar 61% izcērtamā šķērslaukuma. Mäkinen, Isomäki (2004) pētījumā intensitāti izteica otrādi, tas ir, no paliekošā audzes šķērslaukuma. Tika iedalītas četras intensitātes: nekopta kontrole, nelielas intensitātes kopšana ar 90% paliekošā šķērslaukuma, vidējas intensitātes kopšana ar 75% un augstas intensitātes kopšana ar 60% paliekošā šķērslaukuma. Juodvalkis et al. (2005) pētījumā intensitāti izteica no izcērtamās krājas, līdzīgi kā citos pētījumos iedalot intensitāti četrās grupās: nekopta kontrole ar 0%, nelielas intensitātes ar 10-20% izcērtamās krājas, vidējas intensitātes ar 25-35% un augstas intensitātes ar 40-50%. Nedaudz cita pieeja ir britu (Kerr, Haufe, 2011) kopšanas intensitātes iedalījumam. Intensitāte tiek iedalīta pēc "kopšanas intensitātes robežvērtības", šī robežvērtība ir krājas apjoms, līdz kuram drīkst izcirst, nesamazinot audzes kumulatīvo krājas pieaugumu. No šī izriet trīs kopšanas intensitātes: neliela intensitāte, pie kuras izcērt 90% no iepriekšminētās robežvērtības, vidējā intensitāte, pie kuras izcērt 90-110 %, un augsta intensitāte, pie kuras izcērt 110-140% no robežvērtības.

Pētījumos par kopšanas ietekmi uz mežaudzi ir konstatētas vairākas sakarības. Jaunākas audzes labāk reaģē uz kopšanu nekā vecākas. Jaunākās audzēs var pielietot intensīvākas kopšanas paņēmienus nekā vecākās. Ja jaunākās audzēs, pieaugot kopšanas intensitātei, palielinās arī caurmēra pieaugumi, kas kompensē nozāģēto audzes daļu, tad vecākās audzēs tikai nelielas intensitātes vēl dod pieaugumus, kas spēj kompensēt nozāģēto audzes daļu. Vecākās audzēs augstas intensitātes kopšana noved pie krājas samazinājuma un audzes stabilitātes zaudējuma (Wallentin, 2007). Piemēram, Juodvalkis et al. (2005) konstatēja, ka 10-20 gadu vecumā ir visaugstākā reakcija uz kopšanu, 50-60 gadu vecumā tā ir zemāka, bet vēl vecākās audzēs krājas pieaugums praktiski nav iegūstams. Wallentin, Nilsson (2011) pētījumā secināts, ka pirmajā augšanas sezonā pēc kopšanas abās kopšanas intensitātēs bija mazāks krājas pieaugums nekā nekoptajā audzē. Otrajā augšanas sezonā normālā kopšanas intensitātē krāja pieaugums līdzinājās nekoptajai audzei un tikai intensīvās kopšanas parauglaukumos pieaugums bija mazāks. Trešajā augšanas sezonā intensīvās kopšanas parauglaukumos novērots būtiski lielāks krājas pieaugums nekā pārējās kopšanas intensitātēs. Mäkinen, Isomäki (2004) pētījumā novēroja atšķirīgus rezultātus. Audzē ar nelielu un vidēju kopšanas intensitāti krājas pieaugums būtiski neatšķīrās no nekoptās audzes, līdzīgi kā Wallentin, Nilsson (2011) pētījumā. Toties augstas kopšanas

intensitātes mežaudzē konstatēts krājas pieauguma samazinājums, salīdzinot ar nekoptu audzi, un turpinoties novērojumiem, turpinājās arī krājas pieauguma samazinājums.

1.6. Kopšanas cirtes ietekme uz audzes sanitāro stāvokli

K. Bušs (1984) secināja, ka mežaudze var būt vai nu stabila vai produktīva. Paaugstinot audzes produktivitāti, ir jāreķinās, ka paaugstinās audzes uzņēmība pret dažāda veida traucējumiem. Eiropas mežos vētras ir viens no būtiskākajiem abiotiskajiem traucējumiem, kas ir radījis vairāk kā pusi no visas bojātās koksnes pēdējo 50 gadu laikā (Seidl et al., 2017, Gardiner et al., 2013). Līdz ar klimata pārmaiņām nākotnē tiek prognozēts vētru izraisīto bojājumu pieaugums (Seidl et al., 2014). Ziemeļeiropā vētras bojājumu pieaugums ir saistāms ar siltākām ziemām, kuru laikā augsne nespēj pietiekami sasalt, kas savukārt negatīvi ietekmē individuālu koku (Peltola et al., 2010), kā arī audzes noturību pret vēja ietekmi. Tālāk vētras bojājumu ietekme palielinās, bojātajiem kokiem piesaistot mizgraužus, kā arī veicinot sakņu trapes izplatību (Seidl et al., 2017, Gardiner et al., 2013). Tātad vētras turpmāk vēl vairāk saasinās klimata pārmaiņu negatīvo ietekmi uz egļu audzēm, kuras jau tāpat ir ar salīdzinoši vāju mehānisko noturību pret vēju, it īpaši, augot tīraudzēs (Albrecht et al., 2012, Richter, 2015, Lodin, 2016, Krisans, 2020).

Individuālu koku un mežaudžu uzņēmība pret vētras izraisītiem bojājumiem ir atkarīga no vairākiem parametriem, piemēram, koku sugas, koku augstuma un diametra, vainagu formas un proporcijas, sakņu sistēmas veida un dziļuma, mežaudzes biežības, augsnes veida, kā arī no vēja ātruma un iedarbības ilguma. Lai audzē izveidotos bojājumi, ne vienmēr ir nepieciešams liels vēja ātrums. Neliels vēja ātrums kombinācijā ar sasalstošo lietu (atkalu) ir pietiekams zaru un galotņu nolūšanai. Biežāk no vēja bojājumiem cieš egļu audzes, bet nereti tiek bojātas arī priežu audzes svaigu izcirtumu malās. Īpaši pakļautas vēja bojājumiem ir nesen intensīvi koptas mežaudzes (Peltola, 1996, Gardiner et al., 1997, Lohmander, Helles, 1987). Sniega izraisītie bojājumi biežāk sastopami priežu un bērzu audzēs, it īpaši, ja šajās audzēs ir novēloti veikta intensīva kopšana, un koki ir izstīdzējuši (Persson, 1972). Parasti tiek uzskatīts, ka koki, kas visu dzīvi ir auguši atvērumos, piemēram, lauksaimniecības platības malā, ir izturīgāki pret vēja ietekmi nekā tie koki, kas atrodas jaunizveidotu atvērumu malās. Šie koki dzīves laikā ir pielāgojušies vēja ietekmei, tiem ir mazāka diametra un augstuma attiecība (turpmāk h/d) un blīvāka sakņu sistēma, iespējams, arī vainags ir izveidojies noturīgāks pret konkrētam apvidum tipisko vēja virzienu, turpretī kokiem jaunizveidotajos atvērumos tiek daļēji atsegtas saknes un vainagu klājs (Mickovski, Ennos, 2002, Cucchi et al., 2004, Nicoll et al., 2008). Tātad pie vienāda vēja ātruma lielāka iespēja gūt bojājumus ir nesen retinātiem, nevis ilgstoši reti augošiem kokiem. Koka noturība pret vēja ietekmi ir atkarīga no vairākiem faktoriem, piemēram, koka sugas, augsnes veida un sakņu sistēmas dziļuma (Nicoll, Ray 1996, Nicoll et al., 2006). Somijā veiktā pētījumā Zubizarreta-Gerendiain et al. (2012) apsekoja vētras izraisītos bojājumus un secināja, ka bojātas dažādas audzes, bet vislielākie bojājumi novēroti nesen koptās audzēs vai audzēs ar tikko veiktu izlases cirti. It īpaši cieš audzes, kurām izmainās ierastais vēja virziens, blakus izveidojot jaunus atvērumus, piemēram, kailcirtes (Lohmander, Helles, 1987, Valinger, Lunqvist, 1992). Tomēr dažus gadus pēc kopšanas šis vēja izraisīto bojājumu risks samazinās - pieaug koku caurmērs, sakņu sistēma pielāgojas jaunajiem apstākļiem, un koki kļūst stabilāki un noturīgāki pret vēja ietekmi (Nykänen et al., 1997). Mitros apstākļos augošās mežaudzes ar seklu sakņu sistēmu parasti vētras laikā tiek biežāk bojātas, tostarp koki ar relatīvi mazu h/d attiecību. Tas saistīts ar to, ka šiem kokiem sakņu sistēma nespēj attīstīties pietiekami stipra, lai nodrošinātu "enkurošanos" jeb noturību pret vēja ietekmi (Persson, 1972, Valinger, Lunqvist, 1992, Peltola et al., 1999). Pie vienāda vēja ātruma kokiem ar lielāku h/d attiecību ir nepieciešams mazāks lieces moments un kritiskais vēja

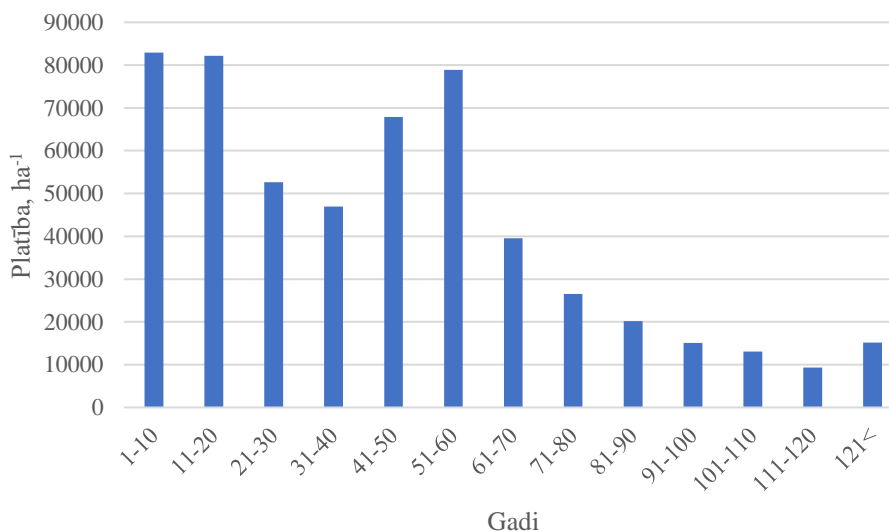
ātrums, lai koks tiktu izgāzts vai nolauzts, nekā kokiem ar mazāku h/d attiecību. Koku uzņēmība pret vēja radītiem bojājumiem palielinās, pieaugot koka augstumam; it īpaši apdraudēti ir gari un tievi koki (Persson, 1972, Valinger, Lunqvist, 1992, Peltola et al., 1999). Ekonomiskie zaudējumi vēja ietekmē bojātās mežaudzēs ir ļoti atkarīgi no bojājumu biežuma un intensitātes (Gardiner et al., 2010, Hanewinkel, Peyron 2013). Pārsvārā mežizstrādes veikšana vēja bojātās mežaudzēs ir dārgāka un laikietilpīgāka nekā nebojātās (Kärhä et al, 2018). Bojājumu sadalījums (lauztie vai izgāztie) ir atkarīgs no pašas vētras parametriem (vidējais vēja ātrums un ātrums brāzmās), gadalaika un augsnes īpašībām (Peltola et al., 2000, Zubizarreta-Gerendiain et al., 2012, Nagel, Diaci, 2006).

Nereti vairāki bojājumu faktori apvienojas un mijiedarbībā izveido kombinēto bojājumu faktoru. Šie faktori var atšķirties atkarībā no ģeogrāfiskā novietojuma vai gadalaika. Eiropā parasti vēja ietekme apvienojas ar mizgraužu invāzijām, kas rada tālejošas negatīvas sekas, jo īpaši egļu audzēs. Boreālos un hemiboreālos mežos egle ir no vēja ietekmes vismazāk pasargātā koku suga, pateicoties sekļai sakņu sistēmai (Donis u.c. 2018, Peltola, Kellomäki, 1993). Egļu astoņzobu mizgrauzis ļoti ātri vairojas vēja novājinātajās eglēs, veidojot invāzijas (Seidl et al., 2017, Schroeder, 2001). Vēja bojājumu biežumu ietekmē arī ilgstošs sausums (Csilléry et al., 2017) vai sniegs (Gregow et al., 2011, Heinonen et al., 2011). Ziemeļeiropā skujkoku mizu bojā ne tikai mizgrauži, bet arī plaši izplatītie pārnadži - staltbriedis (*Cervus elaphus* L.) un alnis (*Alces alces* L.) (Vasiliauskas et al., 1996, Arhipova et al, 2011). Pārnadžu bojājumi sastopami, gan apsaimniekotajās, gan aizsargājamajās meža platībās, un, pieaugot populācijas lielumam, pieaug arī bojājumi (Schulze et al., 2014, Bragina et al., 2018). Šo bojājumu intensitāte var krasi atšķirties atkarība no gadalaika, ģeogrāfiskā izvietojuma un mežaudzes struktūras. Parasti bojājums ir nelieli mizas nograuzumi vai lieli mizas nobrāzumi (ar ragiem). Lielāka varbūtība šādiem bojājumiem ir ziemā un pavasarī, kad ir mazāk pieejama pamata barības bāze (Månsson, Jarnemo, 2013). Mizas nobrāzumi un grauzumi ilgstoši negatīvi ietekmē koku vitalitāti un augšanu (Arhipova et al., 2011, Cukor et al., 2019, Metslaid et al., 2013). Egles plānā miza un seklās saknes ir neizturīgas pret mehāniskiem bojājumiem un bieži tiek ievainotas mežizstrādes darbu laikā (Vasiliauskas, 2001). Šie bojājumi biežāk notiek kokmateriālu pievešanas laikā (Vasiliauskas, 1993). Koki tiek bojāti gan pārvietojoties tehnikai laikā, gan sniedzoties pakaļ vai pārvietojot gatavos kokmateriālus. Vasiliauskas (1993) novēroja, ka egļu audzēs mizas mehāniskie bojājumi, kas radušies, tehnikai pārvietojoties, augstāk par 0,5 m ir retāk sastopami nekā līdz 0,3 m augstumam, un bojājumi no manipulatora var atrasties līdz pat 1,5 m augstumā. Bieži vien šie mehāniskie bojājumi uz stumbra vai saknēm bojā tikai mizu un retāk tiek bojāta pati koksne. Bojājumu izmērs var ievērojami atšķirties, bet bieži tas ir apmēram 100 cm² robežās (Vasiliauskas, 1993). Ziemā sala apstākļos šie bojājumi mēdz būt mazāka izmēra un dziļuma. Bojātie koki parasti koncentrējas tuvāk pievešanas ceļiem. Kokiem ar sakņu vai mizas bojājumiem samazinās caurmēra un augstuma pieaugumi (Vasiliauskas, 2001). Mežizstrādes laikā, kā arī pārnadžu bojājumu rezultātā tiek bojāta koka stumbra apakšēja daļa jeb sortimenta pirmais nogrieznis, kas ir vērtīgākā daļa, tādā veidā negatīvi ietekmējot ienākumus no mežizstrādes (Vasiliauskas, 2001, Metslaid et al., 2013).

Mizas bojājumi samazina arī koku noturību pret inficēšanos ar sakņu trupi. Inficētie koki, saknēm saskaroties ar citiem kokiem, izplata šo infekciju tālāk, un tādā veidā koku grupām vai pat audzei kopumā zūd noturība pret vēja ietekmi. Vislielākie sakņu trupes bojājumi ir auglīgās augsnēs, it īpaši bijušajās lauksaimniecības zemēs. Šī sēne izplatās ne tikai jau inficētajā teritorijā, bet arī iepriekš neskartajās platībās, pa gaisu pārvietojoties bazīdijsporām. Sporas īpaši bīstamas ir svaigi zāgētiem celmiem (Gaitnieks et al., 2019, Honkaniemi et al., 2017).

1.7. Egļu audzes un to sanitārais stāvoklis Latvijā

Atbilstoši Meža statistiskās inventarizācijas datiem (laika posmā no 2019. līdz 2022. gadam), Latvijā egļu mežaudzes aizņem vairāk nekā 646,9 tūkstošus ha jeb 19,8% no kopējās mežaudžu platības. Pa edafiskajām rindām egļu audžu aizņemtā platība sadalās šādi: sausienos 52,8%, āreņos 22,2%, kūdreņos 11,4%, slapjainos 10,8% un purvainos 2,8%. Visvairāk egļu audžu ir vērī (29,6%), damaksnī (20,6%) un šaurlapju ārenī (17,2%). Pēc valsts meža dienesta datiem (1.1 att.) par egļu audžu vecuma struktūras sadalījumu pēc platības var secināt, ka liela šīs platības daļa ir tieši kopšanas cirtei piemērotā vecumā, tas ir jaunaudžu un vidēja vecumā.

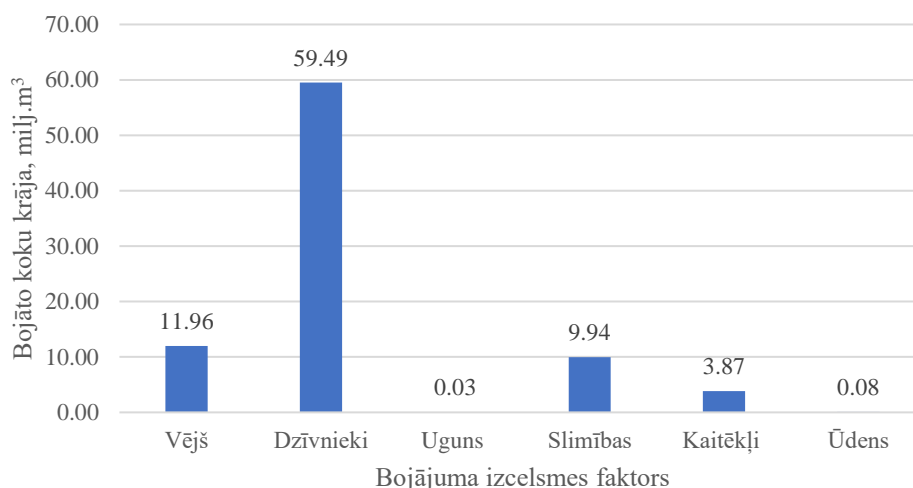


Avots: (https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START/MEP070/)

1.1. att. Egļu audžu platība sadalījumā pa vecumiem

Pēc bojājumu monitoringa datiem (laika posmā no 2019. līdz 2021. gadam) var secināt, ka visvairāk koksnes bojājumu izraisījuši dzīvnieki (59,5% no kopējā bojātās koksnes apjoma, m³), vējš (11,9%), slimības (9,9%) un kaitēkļi (3,8%). Informācija par bojāto koku krāju atbilstoši bojājumu izcelsmei parādīta 1.2. attēlā.

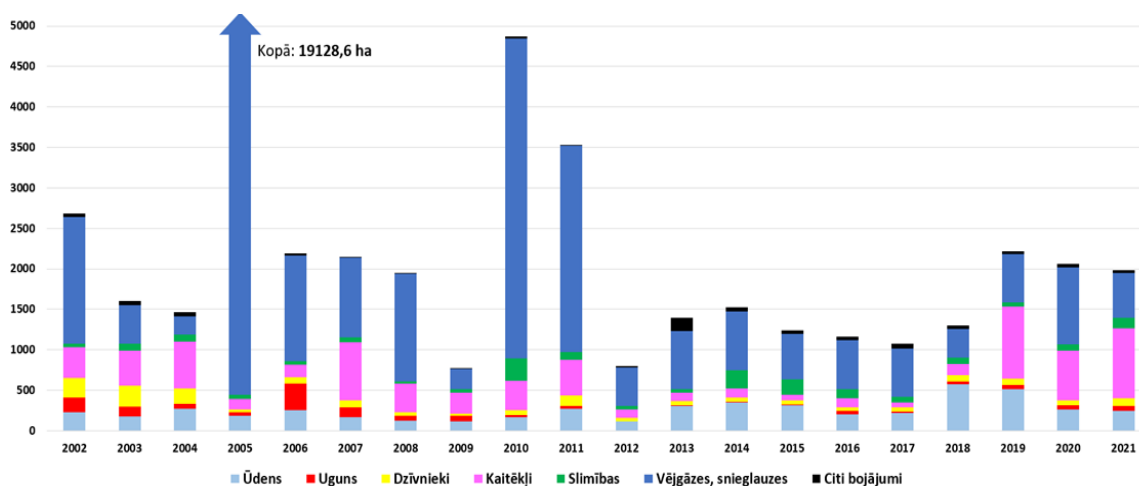
Kad mežaudze ir bojāta zem kritiskā šķērslaukuma un to nepieciešams nocirst sanitārajā kailcirtē, tiek izsniegts sanitārais atzinums. No Valsts meža dienesta izsniegto sanitāro atzinumu statistikas var secināt, ka mežaudzes Latvijā apdraud dažādi faktori un visbiežāk no tiem cieš egļu audzes. 2018. gadā platības ziņā būtiskākais bojājumu cēlonis bija pārmērīgs mitrums, kas sastādīja 45 % (577,7 ha) un vējgāzes 28 % (357,0 ha) no visiem mežaudžu bojājumiem. Kopā 2018. gadā bojāto mežaudžu platība pārsniedza 1000 ha (1.3. att.), visvairāk bija bojāti bērzi (38 %), egles (37 %) un priedes (14 %). 2019. gadā platības ziņā būtiskākais mežaudžu bojājumu cēlonis bija kaitēkļi 40 % (887,3 ha), vējgāzes 27% (594,4 ha) un pārliets mitrums 23% (517,3 ha).



Avots: Nacionālā meža monitoringa IV cikla rezultāti

1.2. att. Bojāto koku krāja sadalījumā pa bojājumu faktoriem pēc monitoringa datiem

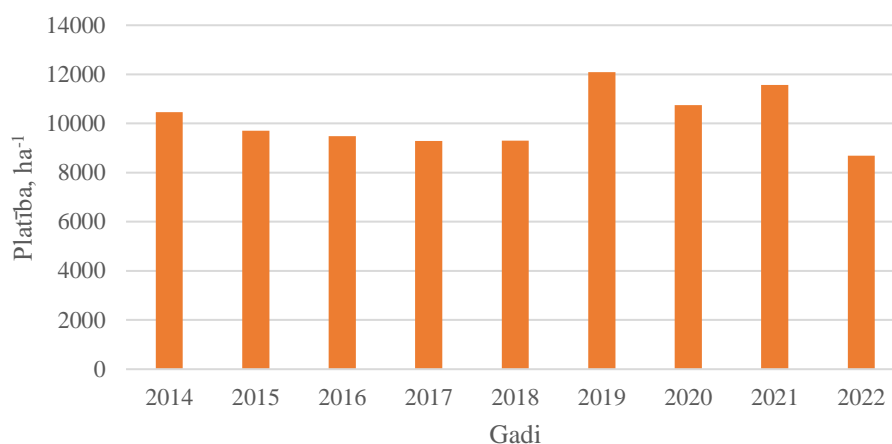
2019. gadā bojāto mežaudžu kopējā platība bija nedaudz virs 2000 ha. Visvairāk bija bojātas egļu audzes (50%), un lielāko daļu no šīm audzēm bija skāruši kaitēkļu bojājumi. Arī 2020. gadā kopējā bojāto audžu platība nedaudz pārsniedza 2000 ha; šajā gadā visvairāk bojājumu platības ziņā izraisīja vējgāzes/snieglauzes 46% (953 ha⁻¹), kaitēkļi 30% (610,2 ha) un pārlieks mitrums 12,6% (260,1 ha). Arī 2021. un 2022. gadā visvairāk bojātā koku suga bija egle: 2021. gadā visvairāk egļu audžu bija cietušas no kaitēkļiem (66%) un vējgāzēm (25%), bet 2022. gadā 50% no visām bojātajām egļu audzēm bija cietušas no vējgāzēm un 42% no kaitēkļiem.



Avots: (<https://www.vmd.gov.lv/lv/meza-sanitarais-stavoklis>)

1.3.att. Mežaudžu platības (ha), kuras atļauts nocirst sanitārajā cirtē pēc VMD sanitārā atzinuma, pa bojājumu cēloņiem laika posmā no 2002. līdz 2021. gadam.

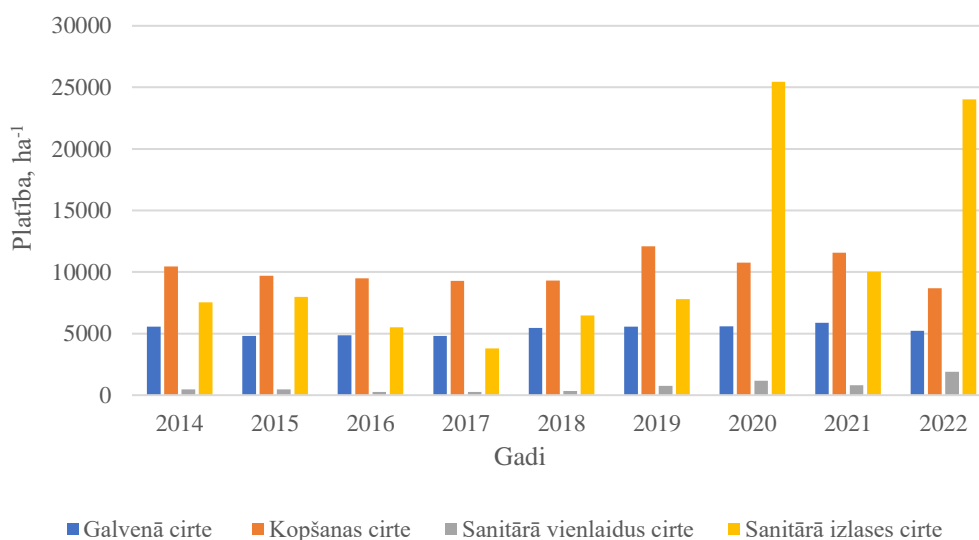
Pēc Valsts meža dienesta datiem (1.4. att.) var secināt, ka kopšanas cirtes katru gadu tiek veiktas līdzīgā apjomā. Pēdējo deviņu gadu laikā Latvijā egļu audzēs kopšanas cirtes veiktas no 8000 līdz 12000 ha platībā, vidēji nocērtot 51,6 m³ ha⁻¹.



Avots: (<https://data.stat.gov.lv/>)

1.4.att. Platība, kurā veiktas kopšanas cirtes, sadalījumā pa gadiem.

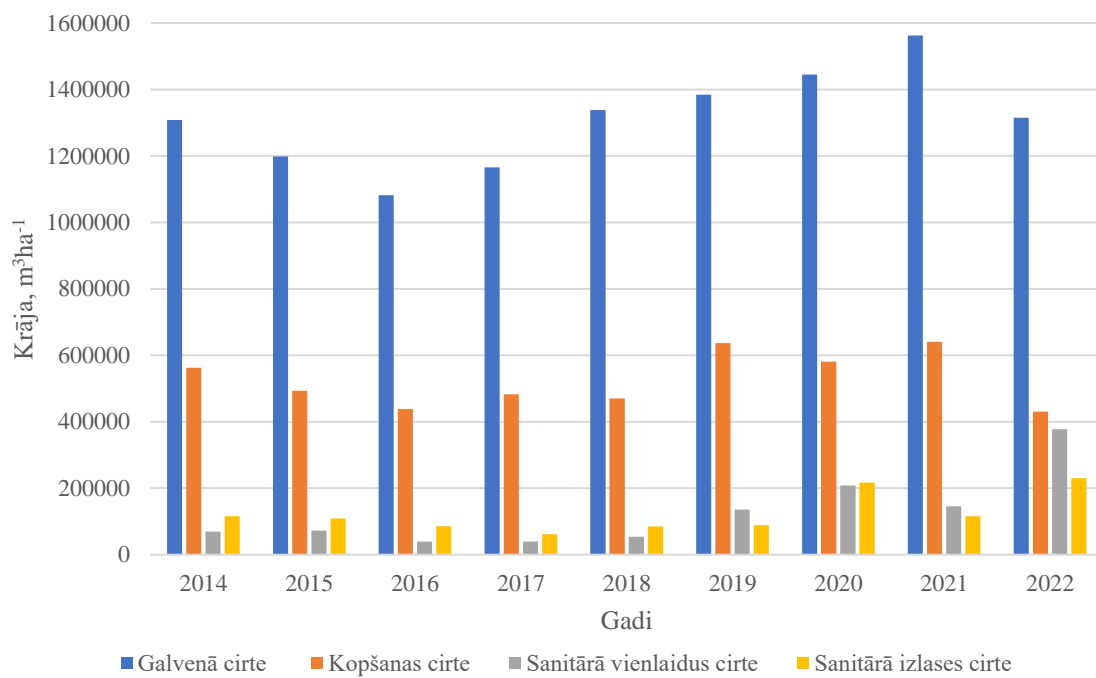
Aplūkojot tikai egļu audzes, gan kopšanas cirtē, gan galvenajā cirtē izstrādātā platība ir aptuveni vienmērīga, toties sanitārās cirtēs izstrādātās platības pēdējos gados ir krasi pieaugušas, it īpaši 2020. un 2022. gadā, kad sanitārās izlases cirtes pēc platības apsteidz visus pārējos ciršanas veidus (1.5. att.).



Avots: (<https://data.stat.gov.lv/>)

1.5.att. Platība, kurā veiktas cirtes egļu audzēs sadalījumā pa ciršu veidiem un gadiem

Analizējot ciršu sadalījumu pēc krājas egļu audzēs, var novērot loģisku galvenajā cirtē iegūstamās krājas pārsvaru salīdzinājumā ar visiem pārējiem cirtes veidiem. Otrs lielākais iegūstamais krājas apjoms ir krājas kopšanas cirtēs, bet 2022. gadā pieaudzis krājas apjoms, kas tiek nocirsts sanitārajās cirtēs, pārsniedzot krājas kopšanā nocirsto krājas apjomu (1.6. att.).



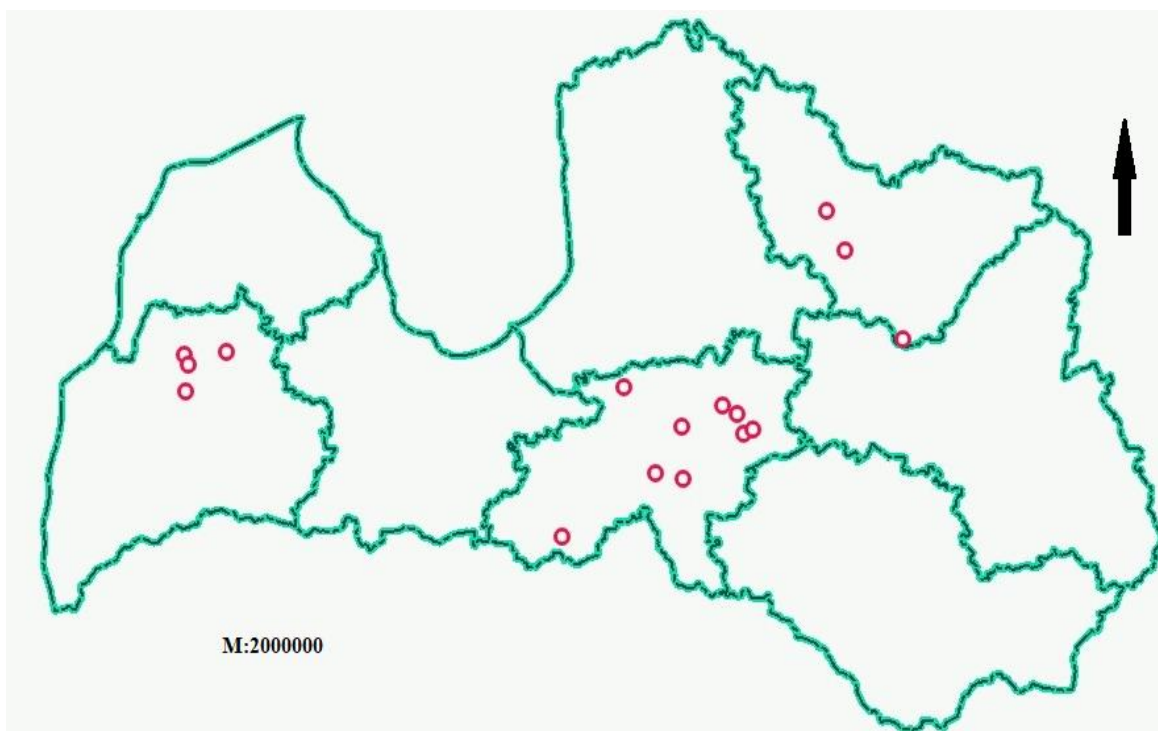
Avots: (<https://data.stat.gov.lv/>)

1.6.att. Krājas apjoms, kurš nocirsts egļu audzēs sadalījumā pa ciršu veidiem un gadiem

2. DARBA METODIKA

2.1. Objektu raksturojums

Darbā izmantoti dati no Latvijas Valsts mežzinātnes institūta “Silava” pētījuma “Augšanas gaitas modeļu pilnveidošana”. Pētāmie nogabali (turpmāk objekti) ir ierīkoti trijos Latvijas valsts mežu reģionos (2.1. att.) – četri Dienvidkurzemē, deviņi Vidusdaugavā un trīs Austrumvidzemē.



Avots: autora veidots lvmgeo.lv kartes mājaslapā

2.1.att. Objektu izvietojums kartē

Ar sarkaniem apliem apzīmēta objektu atrašanās vieta; ar zaļām līnijām apzīmēts Latvijas valsts mežu teritoriālais dalījums; ziemeļu virziens apzīmēts ar melnu bultu.

Pētāmie objekti atkarībā no audzes vecuma pirms cirtes iedalīti divās grupās: 1) no 20 līdz 30 gadus vecas audzes, un 2) no 45 līdz 55 gadus vecas audzes (pirmā grupa - jaunaudzū vecuma, otrā grupa - vidēja vecuma). Meža tipi izvēlētajās audzēs ir damaksnis, vēris, šaurlapju ārenis un platlapju ārenis. Desmit audzes atbilst sausieņu un sešas audzes āreņu edafiskajai rindai (2.1. tabula).

Objektu raksturojums

Reģions	Objekts	Kopšanas gads	MT	Vecums kopšanas gadā, gadi
Austrumvidzeme	111-86-5	2017	Vr	22
Austrumvidzeme	105-97-7	2018	Vr	24
Dienvidkurzeme	201-399-14	2018	Dm	27
Dienvidkurzeme	205-24-33	2016	Vr	27
Dienvidkurzeme	205-92-61	2016	Vr	27
Vidusdaugava	502-226-3	2018	Ap	28
Vidusdaugava	505-210-16	2017	Dm	29
Vidusdaugava	501-161-1	2017	Ap	30
Austrumvidzeme	104-391-15	2017	As	45
Dienvidkurzeme	206-62-10	2016	Dm	46
Vidusdaugava	503-148-17	2016	Vr	47
Vidusdaugava	503-302-8	2016	As	47
Vidusdaugava	502-381-4	2018	Vr	50
Vidusdaugava	509-148-22	2018	Ap	53
Vidusdaugava	506-151-38	2018	Dm	54
Vidusdaugava	503-307-10	2016	As	55

2.2. Parauglaukumu ierīkošana un uzmērīšana

Pētāmajos objektos tika ierīkoti 30 x 30 m lieli (900 m²) parauglaukumi ar dažādiem kopšanas intensitātes variantiem. Atkarībā no objektu sākotnējās biežības katrā objektā tika ierīkoti 12 vai 10 parauglaukumi, ja nepietiekamas sākotnējās biežības dēļ nebija iespējams ierīkot 0,8 biežības parauglaukumus. Izmantotie biežības varianti bija 0,80, 0,68, 0,53, 0,38 un 0,53a (šajā variantā izmantota kopšana no augšas), kā arī nekopta kontrole. Visi varianti tika ierīkoti divos atkārtojumos. Katrs parauglaukums ir uzmērīts pirms mežizstrādes veikšanas, pēc mežizstrādes pārskaitīts palikušo koku skaits un 5 gadus pēc kopšanas cirtes ir veikta pārmērīšana. Katram parauglaukumā esošajam kokam 1,3 m augstumā no sakņu kakla ir piestiprināts numuriņš, kas ļauj konkrēti izsekot individuālu koku liktenim un attīstībai.



Autors: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

2.2.att. Parauglaukumu izvietojuma shēma

Shēmas kreisajā pusē ar zilās krāsas kontūru norādīts parauglaukumu izvietojums nogabalā; shēmas labajā pusē redzami 30×30 m parauglaukumi un to izvietojums objektā, ar sarkanu iekrāsotie kvadrāti ir (neoptas) kontroles parauglaukumi, ar zaļo krāsu ir iezīmēti pievešanas ceļi; pārējos kvadrātos norādīta konkrētā parauglaukuma pēc kopšanas paliekošā biežība.

Visiem kokiem tika fiksēti pirms circes esošie bojājumi un veikts atkārtots bojājumu novērtējums pēc kopšanas, lai raksturotu mežizstrādes ietekmi. Gadījumos, kad objektā bija plānota sanitārā cirte, tika veikta atkārtota apsekošana pirms vai pēc sanitārās cirtes. Parauglaukumos tika veikta vienlaidu dastošana 1,3 m augstumā no sakņu kakla, mērījumus veicot ar 1 mm precizitāti un uzmērot visus kokus, kas sasnējuši 6,1 caurmēru. Pirms circes katrā parauglaukumā augstumi uzmērīti sešiem valdošās koku sugas kokiem, atkārtotajā mērījumā 5 gadus pēc circes - 12 kokiem, kā arī uzmērīts pārējo audzes elementu divu koku augstums. Augstuma mērījumi veikti ar 0,1 m precizitāti, izmantojot ultraskaņas

augstummēru Haglof IV. Reģistrēts palikušo koku stāvoklis sekojošās klasēs: dzīvs, sausoknis, stubenis vai kritala.

Mežizstrādes bojājumi fiksēti, izmantojot kodus. Kods sastāv no četriem cipariem. Pirmais cipars norāda uz bojājuma izvietojumu: 1 - saknes un celms, 2 - stubns līdz divu metru augstumam, un 3 - virs divu metru augstuma. Otrais un trešais cipars norāda uz sasveķojumu: 03 - brūce bez sasveķojuma, 04 – brūce ar sasveķojumu. Ceturtais cipars norāda uz bojājuma intensitāti procentos (cik % no koka apkārtmēra): 1 - 10%, 2 - 20%, ... 10 - 100%. Kods ir viegli atšifrējams, piemēram, 1043 nozīmē, ka konstatēts sasveķojis bojājums sakņu un celma daļā ar 30% intensitāti.

2.3. Datu apstrādes metodes

Audzes šķērslaukuma aprēķināšanai izmantoti dati no audzes dastošanas, katra koka šķērslaukuma aprēķinam izmantojot formulu:

$$g = (0,785 \cdot \frac{d^2}{10000}) \quad (2.1)$$

kur g – viena stumbra šķērslaukums, m²;
 d – viena stumbra caurmērs, cm.

Kopējais audzes šķērslaukums tiek iegūts, saskaitot kopā visus koku šķērslaukumus no iepriekšējās formulas (2.1). Audzes vidējo šķērslaukumu var iegūt, dalot iepriekš iegūto (2.1 formulā) audzes kopējo šķērslaukumu ar koku skaitu:

$$g_{vid} = \frac{\sum g}{N}, \quad (2.2)$$

kur N – koku skaits, gab.;
 $\sum g$ – koku šķērslaukumu summa.

Audzes vidējo kvadrātisko caurmēru iegūst, izmantojot formulu:

$$Dg = \sqrt{\left(\frac{g_{vid}}{0.785}\right)} \cdot 100, \quad (2.3)$$

kur Dg – vidējais kvadrātiskais caurmērs, cm.

Analizējamās platības vienības (parauglaukums, eksperiments) krāja aprēķināta summējot individuālu koku tilpumus, kas aprēķināti pēc I. Liepas (1996) individuāla koka tilpuma formulas:

$$v = \psi \cdot L^{\alpha} \cdot d^{(\beta \cdot \lg L + \varphi)}, \quad (2.5)$$

kur v – stumbra tilpums, m³;
 $\psi, \alpha, \beta, \varphi$ – no koku sugas atkarīgi koeficienti (I. Liepa, 1996);
 L – stumbra garums, m;
 d – caurmērs krūša augstumā, cm.

Audzes biežību nosaka, izmantojot MK noteikumu tabulas, kur pēc valdošās sugas vidējā augstuma nosaka normālo šķērslaukumu, ar kuru jādala faktiskais šķērslaukums pēc formulas:

$$B = \frac{G_{konkr}}{G_{norm}}, \quad (2.6)$$

kur G_{konkr} – konkrētais audzes šķērslaukums, $m^2 ha^{-1}$;
 G_{norm} – normālais audzes šķērslaukums $m^2 ha^{-1}$.

To mežaudzes elementu, kuru augstumu mērījumu skaits mazāks par 5, augstumlīknes aprēķināšanai izmanto Gaffrey formulu (J. Donis u. c., 2012):

$$H = 1,3 + (H_g - 1,3) \cdot \exp(a_1 \cdot (1 - \frac{d_g}{d_i}) + a_2 \cdot (\frac{1}{d_g} - \frac{1}{d_i})) \quad (2.7)$$

kur h_g – audzes vidējais augstums;
 d_g – audzes vidējais diametrs;
 a_1 un a_2 koeficienti no J. Donis u.c. (2012).

To mežaudzes elementu, kuru augstumu mērījumu skaits lielāks vai vienāds ar 5, augstumlīknes aprēķināšanai izmanto Naslund formulu (J. Donis u. c., 2012)

$$\begin{aligned} k &= Slope(\frac{D}{a}; D) \\ a &= (H - 1,3)^{\frac{1}{3}} \\ c &= intercept(\frac{D}{a}; D) \\ H &= 1,3 + (\frac{D}{kD} + C)^3 \end{aligned} \quad (2.8)$$

Audzes bonitātes aprēķināšanai izmantota formula (Bisenieks, 1983, citēts no J. Donis u.c., 2012)

$$B = (h - (\alpha_1 + \alpha_2 * LN(a_0) + \alpha_3 * LN(a_0)^2 + \alpha_4 * LN(a_0)^3)) / (\beta_1 + \beta_2 * LN(a_0) + \beta_3 * LN(a_0)^2 + \beta_4 * LN(a_0)^3) \quad (2.9)$$

kur a_0 – mežaudzes vecums;
 h – mežaudzes vidējais augstums;
 $\alpha_i; \beta_i$ – koeficienti.

Kopšanas cirtes intensitāte tiek aprēķināta, izmantojot audzes krāju pirms un pēc cirtes pēc formulas:

$$I = \left(\frac{M_{pirms} - M_{pēc}}{M_{pirms}} \right) * 100, \quad (2.10)$$

kur I – intensitāte, %;
 $M_{pēc}$ – krāja pēc ciršanas, $m^3 ha^{-1}$;
 M_{pirms} – krāja pirms ciršanas, $m^3 ha^{-1}$.

Krājas izmaiņu salīdzināšanai parauglaukumos aprēķināta gan tekošā periodiskā difference, gan tekošās periodiskās difference procents, izmantojot 2.11 un 2.12 formulas (Liepa, 1996):

$$\Delta_M^P = M_A - M_{A-n}, \quad (2.11)$$

$$P_{\Delta M}^P \frac{M_A - M_{A-n}}{M_A + M_{A-n}} * 200, \quad (2.12)$$

kur M_A - dzīvo koku krāja piecus gadus pēc kopšanas cirtes
 M_{A-n} - dzīvo koku krāja pēc kopšanas cirtes

Izmantojot šīs pašas formulas (2.11 un 2.12), tiek aprēķināta diference un diferences procents starp dzīvo koku krāju pirms kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās, tas ir, M_{a-n} vietā izmantojot attiecīgo krāju pirms cirtes.

Parauglaukumos, kuros ir iespējams veikt identifikāciju koka līmeni, aprēķināts tekošais faktiskais periodiskais krājas un caurmēra pieaugums (2.13. formula) un tekošā faktiskā periodiskā pieauguma procents (2.14. formula) pēc formulām (Liepa, 1996):

$$\Delta_M^P = M_A - m_{A-n}, \quad (2.13)$$

$$P_{\Delta M}^P \frac{M_A - m_{A-n}}{M_A + m_{A-n}} * 200, \quad (2.14)$$

kur M_A - dzīvo koku krāja piecus gadus pēc kopšanas cirtes
 m_{A-n} - dzīvo koku krāja uzreiz pēc kopšanas cirtes

Pēc tāda paša principa kā krājas diferences un krājas pieaugumu gadījumā aprēķināta tekošā periodiskā diference un diferences procents vidējam caurmēram.

Veikta dispersijas analīze datorprogrammā SPSS 14, lai noskaidrotu krājas kopšanas cirtes intensitātes un veida ietekmi uz tekošo periodisko krājas diferenci un diferences procentu. Analīze veikta atsevišķi pa vecuma grupām (20-30 un 45-55 gadi). Atšķirību būtiskuma novērtēšanai starp gradācijas klasēm izmantots Games-Howel tests.

Rezultātu nodaļā par mežizstrādes bojājumiem būtiskas atšķirības starp gradācijas klasēm aprēķinātas ar pazīmju īpatsvara salīdzināšanu (Liepa, 1974).

3. REZULTĀTI UN TO ANALĪZE

3.1. Kopšanas ietekme uz koku augšanu

Pētāmajiem objektiem atbilstoši mērījumu rezultātiem noteikti taksācijas rādītāji. Kā minēts iepriekšējā nodaļā, audzes iedalītas divās grupās, tas ir, 20-30 un 45-55 gadi. Pirmās grupas valdošās sugas 1. stāva kokiem objekta līmenī caurmērs svārstījās robežās 14,4-18,5 cm, bet parauglaukuma līmenī 12,9-20,9 cm. Šķērslaukums attiecīgi bija robežās 22,2-34,7 m² ha⁻¹ un 19,3-38,6 m² ha⁻¹, krāja 146,6-303,1 m³ ha⁻¹ un 131,5-356,1 m³ ha⁻¹, koku skaits 1310-1811 un 1088-2166 koki uz ha. Otrās grupas 1. stāva valdošās sugas kokiem objekta līmenī caurmērs bija robežās 15,9-28,0 (parauglaukuma līmenī 13,8-30,1 cm), šķērslaukums robežās 28,9-46,6 m² ha⁻¹ (24,7-51,0 m² ha⁻¹), krāja 295,6-606,5 m³ ha⁻¹ (252,4-686,4 m³ ha⁻¹), koku skaits 606-1579 (444-1953) koki uz ha.

3.1. tabula

Taksācijas rādītāji pirms kopšanas cirtes

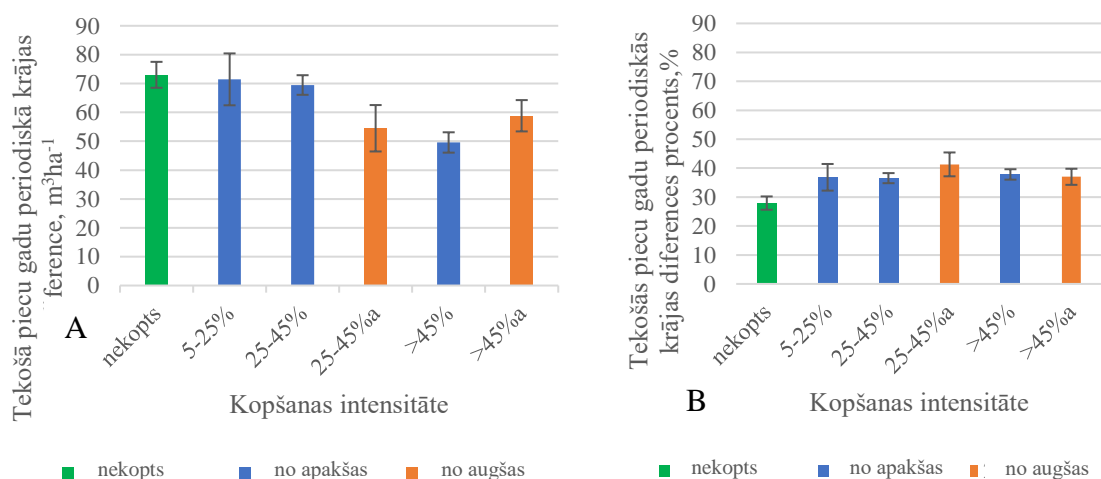
Objekts	MT	A, gadi	Sastāva formula	Biezība	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	M, m ³ ha ⁻¹	N, gab ha ⁻¹
111-86-5	Vr	22	10E ats. B Oz	0,91	15,4	13,9	24,3	175	1336
105-97-7	Vr	24	10E ats. P Oz	0,88	14,4	12,6	22,2	147	1367
201-399-14	Dm	27	9E1B ats. P Oz	1,11	15,9	15,8	32,0	263	1745
205-24-33	Vr	27	9E1B ats. Oz P	1,21	15,3	15,1	34,2	272	1811
205-92-61	Vr	27	9E1Oz ats. P B	1,14	17,0	16,4	33,6	283	1515
502-226-3	Ap	28	10E+B A ats. Bl	1,02	15,5	15,1	28,6	228	1614
505-210-16	Dm	29	10E ats. P B	1,06	14,5	14,5	29,0	226	1755
501-161-1	Ap	30	10E ats. B Kļ	1,14	18,5	17,3	34,7	303	1310
104-391-15	As	45	10E+B ats. M.	0,90	21,2	21,0	30,7	325	888
206-62-10	Dm	46	10E ats. P B	1,02	15,9	17,6	31,2	296	1580
503-148-17	Vr	47	10E ats. B Bl	0,80	24,7	23,0	28,9	323	608
503-302-8	As	47	10E ats. B A	1,06	17,4	19,7	34,8	365	1481
502-381-4	Vr	50	10E ats. A B	0,90	27,3	26,4	35,4	457	607
509-148-22	Ap	53	10E	1,18	28,0	26,8	46,6	607	754
506-151-38	Dm	54	10E ats. B.	0,92	24,3	24,0	34,2	407	734
503-307-10	As	55	10E ats. B A	0,85	23,0	22,7	30,3	342	738

Avots: autora veidots

Vidējā audzes biezība objektos pirms cirtes bija robežās no 0,8 līdz 1,21. Tātad katrā konkrētajā objektā plānotā parauglaukumu biezība sasniegta ar citu ciršanas intensitāti atkarībā no sākotnējās biezības. Tādēļ ciršanas intensitāte izvēlēta par kopšanas cirtes ietekmes rādītāju. Ciršanas intensitāte iedalīta četrās grupās: 1) nav veikta kopšana jeb kontrole, 2) zemas (5-25 %), 3) vidējas (26-45 %) un 4) augstas (>45 %) intensitātes kopšana. Turpmāk attēlos kopšanas veids no augšas apzīmēts ar 25-45 %a un >45 %a, jo šis kopšanas veids tika izpildīts tikai divās kopšanas intensitātes grupās, tas ir, vidējas un augstas intensitātes grupā.

Dzīvo koku krājas un caurmēra difference starp pēccirtes stāvokli un stāvokli pēc pieciem gadiem

Krājas starpība intervāla sākumā un beigās ir krājas difference jeb nepilnais pieaugums (Liepa, 1996). Tiek salīdzināts, kāda bija audzes (parauglaukumu) dzīvo koku krāja uzreiz pēc krājas kopšanas cirtes un 5 gadus pēc tās. Tas nozīmē, ka nav ietverta kopšanā nozāģēto koku daļa. Jaunaudžu vecuma grupā (3.1. att. A) var konstatēt, ka tekošā piecu gadu periodiskā krājas difference (turpmāk tekstā krājas difference) nekoptajos parauglaukumos ($73,0 \pm 4,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) līdzinās zemas ($70,0 \pm 9,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) un vidējas ($69,62 \pm 3,39 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) kopšanas intensitātes parauglaukumiem, bet augstas kopšanas intensitātes parauglaukumos ir mazāka ($49,6 \pm 3,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) un būtiski ($p < 0,05$) atšķiras no nekoptajiem parauglaukumiem. Toties tekošās piecu gadu periodiskās krājas difference procenti (turpmāk tekstā krājas difference procenti) (3.1. att. B) norāda, ka izmaiņas, salīdzinot jau ar iepriekš esošo krāju, vislielākās ($37,8 \pm 1,8 \%$) ir tieši augstas kopšanas intensitātes parauglaukumos, bet vismazākās ($27,9 \pm 2,3 \%$) nekoptajos parauglaukumos, un šie difference procenti atšķiras būtiski ($p < 0,05$). Šeit novēroto likumsakarību var skaidrot ar to, ka nekoptajos laukumos paliek daudz vairāk koku nekā intensīvi koptajos laukumos, kas turpina ražot vairāk koksnes uz laukuma vienību, toties intensīvi koptajos laukumos šiem palikušajiem kokiem ir vairāk pieejami resursi augšanai un tie pieaug straujāk. Šajā difference salīdzinājumā pozitīvās vērtības norāda uz augšanas procesu pārsvaru pār atmiršanu (Liepa, 1996). Līdzīgi rezultāti iegūti Mäkinen un Isomäki (2004) pētījumā, kurā secināts, ka, veicot kopšanu egļu audzēs ar zemu intensitāti, tiek iegūts pieaugums, kas līdzīgs nekoptai audzei, taču, paaugstinot intensitāti, samazinās krājas pieaugums uz platības vienību. Nilsson et al. (2010) pētījumā arī tika novērota sakarība, ka, veicot kopšanas cirtes egļu audzēs ar intensitāti līdz 40 % no šķērslaukuma, krājas pieaugums samazinās nedaudz salīdzinājumā ar nekoptu audzi.



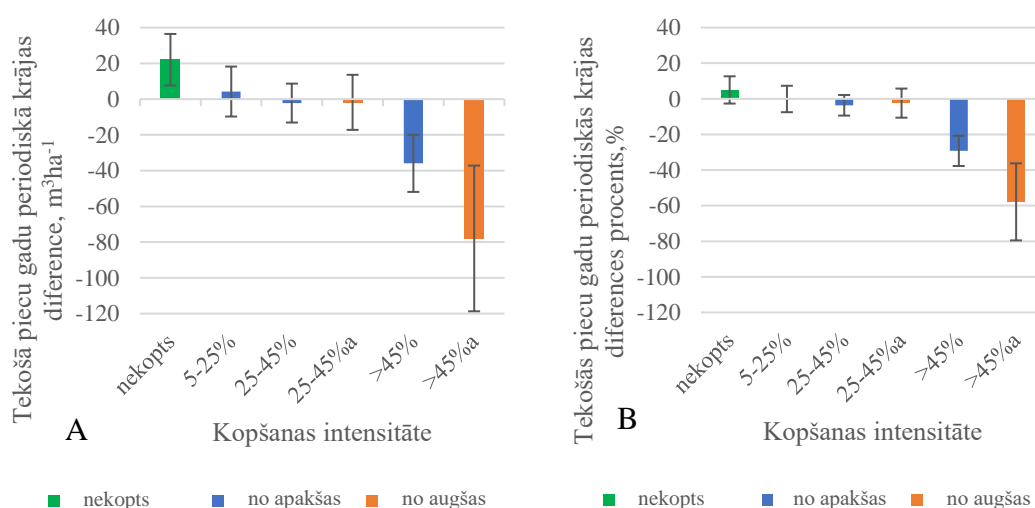
Avots: autora veidots

3.1. att. Tekošā piecu gadu periodiskā krājas difference (A) un tekošās piecu gadu periodiskās krājas difference procenti (B) kopšanā no apakšas un kopšanā no augšas (\pm standartklūda), sadalījumā pa kopšanas intensitātēm jaunaudžu vecuma grupā, salīdzinot dzīvo koku krāju uzreiz pēc kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās

Šīs pašas jaunaudžu vecuma grupas kopšanā no augšas (3.1. A att.) var novērot nedaudz atšķirīgu rezultātu. Lielāka ($58,8 \pm 5,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) krājas difference ir augstas nevis vidējas ($54,5 \pm 8,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) kopšanas intensitātes parauglaukumos, toties tieši vidējas kopšanas intensitātes krājas difference būtiski atšķiras ($p < 0,05$) no vidējas kopšanas

intensitātes ($69,6 \pm 3,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) kopšanā no apakšas. Krājas diferences procents (3.1. B att.) lielāks ($41,3 \pm 4,1 \%$) ir vidējas kopšanas intensitātes parauglaukumos kopšanā no augšas un būtiski atšķiras ($p < 0,05$) no nekoptajiem parauglaukumiem. Vidējas kopšanas intensitātes laukumu krājas diferences samazinājumu kopšanā no augšas var skaidrot ar to, ka kopšanā nozāģēts vairāk lielāko koku un atstāti mazākie, kas ir bijuši zemākās sociālās klasēs un pacietuši vismaz nelielu noēnojumu. Šie koki ir nedaudz mazāk reaģējuši uz kopšanu un nav spējuši dot augstāku krājas diferenci. Aplūkojot krājas diferences procentu, parauglaukumos kopšanā no augšas nozāģēja lielos kokus, kas krasi samazināja krāju, bet ne tik ļoti samazināja paliekošo koku skaitu. Lielāks paliekošo koku skaits varēja veiksmīgi aizņemt atbrīvoto augšanas telpu un daļēji kompensēt krājas samazinājumu.

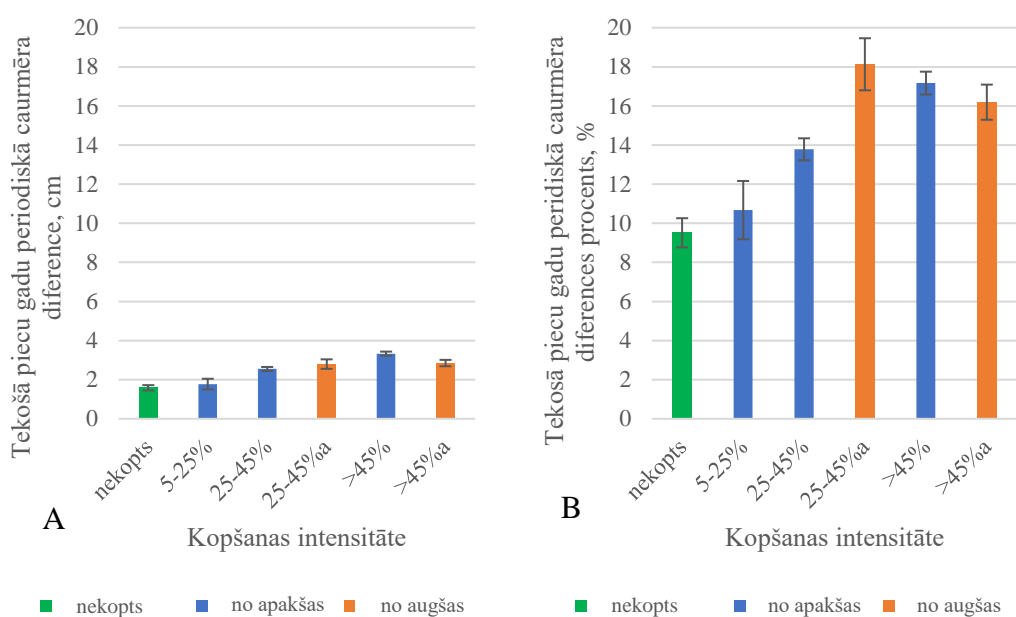
Ja jaunaudžu vecuma (3.1. att.) grupā varēja novērot dažādus, bet tomēr pozitīvus rādītājus, tad vidēja vecuma audžu (3.2. att.) grupā ir citāda situācija. Krājas diference (3.2. att.) ir mazāka nekā iepriekšējai grupai visās kopšanas intensitātēs, kā arī pozitīvas diferences ir tikai nekoptajos ($22,1 \pm 14,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) un zemas ($4,2 \pm 13,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) kopšanas intensitātes laukumos. Ir novērojams, ka, jo lielāka kopšanas intensitāte, jo mazāka krājas diference, kas var kļūt pat negatīva. Krājas diferences procents turpina šo sakarību, parādot, ka krājas diferences procents ir pozitīvs tikai nekoptajos ($4,9 \pm 7,7 \%$) laukumos. Palielinoties kopšanas intensitātei, samazinās diferences procents. Šādu rezultātu var izskaidrot ar audžu sabrukšanu. Palielinoties kopšanas intensitātei, samazinās audzes stabilitāte, un vidēja vecuma audzes ir pietiekami jutīgas pret šo izmaiņu, un koki dažādu iemeslu dēļ atmirst. Vidēja vecuma grupā kopšanā no augšas (3.2. att.) ir tāda pati situācija kā kopšanā no apakšas. Gan diference, gan diferences procents ir negatīvi, kā arī, palielinoties kopšanas intensitātei, samazinās abi diferences (krājas diference un krājas diferences procents) rādītāji. To varētu skaidrot ar to, ka vecāki koki vairāk reaģē uz izmaiņām audzes noturībā, kas ir notikušas kopšanas cirtes rezultātā. Jebkurš jauns atvērums vainagu klājā ir potenciāls apdraudējums šo koku izturībai pret vēja ietekmi. Šajā vecuma grupā nav konstatētas būtiskas ($p > 0,05$) atšķirības starp kopšanas intensitātēm vai kopšanas veidiem ne krājas diferencēm, ne krājas diferences procentiem. Atšķirības starp dažādām intensitātēm nav būtiskas tādēļ, ka gradācijas klasēs datu izkliede ir ļoti liela.



Avots: autora veidots

3.2. att. Tekošā piecu gadu periodiskā krājas diference (A) un tekošās piecu gadu periodiskās krājas diferences procents (B) kopšanā no apakšas un kopšanā no augšas (\pm standartklūda), sadalījumā pa kopšanas intensitātēm vidēja vecuma grupā salīdzinot dzīvo koku krāju uzreiz pēc kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās

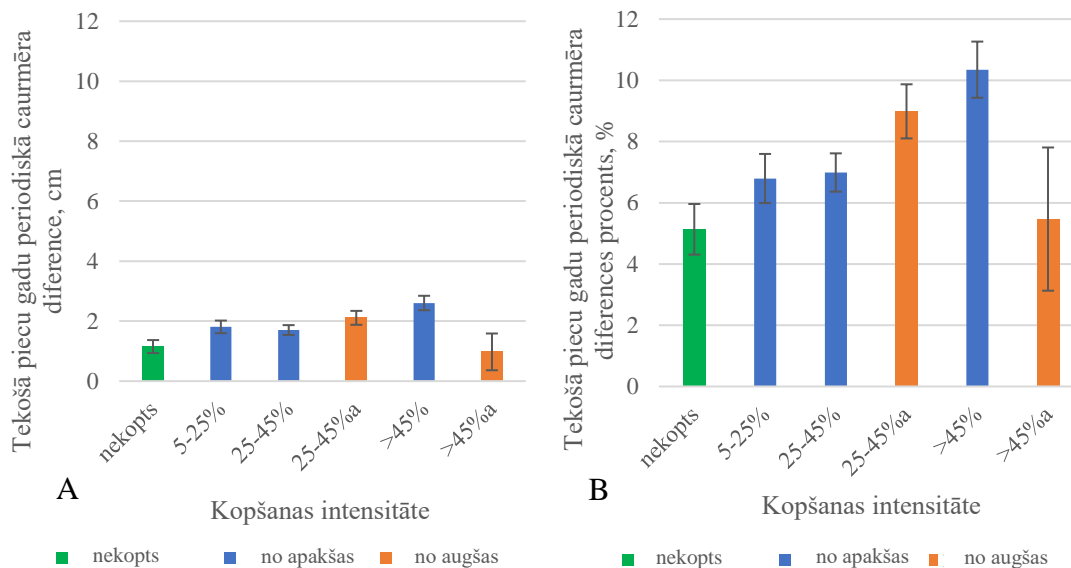
Pēc tāda paša principa aprēķināta arī caurmēra diference, veicot dzīvo koku caurmēru salīdzinājumu uzreiz pēc cirtes un 5 gadus pēc tās. Var secināt (3.3. att.), ka, pieaugot kopšanas intensitātei, pieaug gan caurmēra diference, gan diferences procents. Mazākā ($1,6 \pm 0,1$ cm) diferences vērtība ir nekoptajos laukumos un lielākā visintensīvāk koptajos gan kopšanā no apakšas ($3,3 \pm 0,1$ cm) gan no augšas ($2,9 \pm 0,2$ cm), šī atšķirība ir būtiska ($p < 0,05$). Kā iepriekš rakstīts līdzšinējo pētījumu apskata nodaļā, caurmēra pieaugums, palielinoties kopšanas intensitātei, ir pamata likumsakarība, kas sagaidāma, veicot kopšanas cirti (Donis u.c., 2019). Līdzīgi caurmēra diferencei, caurmēra diferences procents zemākais ($9,56 \pm 0,7$ %) ir nekoptajos parauglaukumos un augstākais ($18,1 \pm 1,3$ %) - vidējas kopšanas intensitātes parauglaukumos kopšanā no augšas un augstas kopšanas intensitātes parauglaukumos ($17,2 \pm 0,6$ %) kopšanā no apakšas. Toties būtiskas ($p < 0,05$) atšķirības ir novērotas starp nekoptajiem laukumiem un augstas kopšanas intensitātes laukumiem gan kopšanā no apakšas, gan kopšanā no augšas ($16,2 \pm 0,9$ %).



Avots: autora veidots

3.3. att. Tekošā piecu gadu periodiskā caurmēra diference (A) un tekošā piecu gadu periodiskā caurmēra diferences procents (B) kopšanā no apakšas un kopšanā no augšas (\pm standartkļūda), sadalījumā pa kopšanas intensitātēm jaunaudzū vecuma grupā salīdzinot dzīvo koku caurmēru uzreiz pēc kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās

Vidēja vecuma grupā (3.4. att.) ir ļoti līdzīga situācija kā jaunaudzū vecuma grupā (3.3. att.), tas ir, mazākā ($1,2 \pm 0,2$ cm) diference konstatēta nekoptajos laukumos, bet lielākā - augstas kopšanas intensitātē kopšanā no apakšas ($2,6 \pm 0,3$ cm) un vidējā kopšanas intensitātē kopšanā no augšas ($2,1 \pm 0,2$ cm), šīs atšķirības ir būtiskas ($p < 0,05$). Vienīgā atšķirība, salīdzinot ar jaunaudzū vecuma grupu (3.3. att.) - zemas intensitātes laukumos diference ir nedaudz lielāka ($1,8 \pm 0,2$ cm) nekā vidējas intensitātes kopšanas laukumos ($1,7 \pm 0,2$ cm). Diferences procents arī ir zemākais ($5,1 \pm 0,8$ %) nekoptajos laukumos, bet augstākais - augstas kopšanas intensitātes kopšanā no apakšas ($10,4 \pm 0,9$ %) un vidējas intensitātes kopšanā no augšas ($9,0 \pm 0,9$ %), šīs atšķirības ir būtiskas ($p < 0,05$). Vidēja vecuma audzēs kopšanā no augšas caurmēra diference augstāka ($2,1 \pm 0,2$ cm) vidējas kopšanas intensitātes laukumos un zemāka ($0,9 \pm 0,6$ cm) augstas kopšanas intensitātes laukumos. Tāda pati tendence novērojama ar caurmēra diferences procentu.

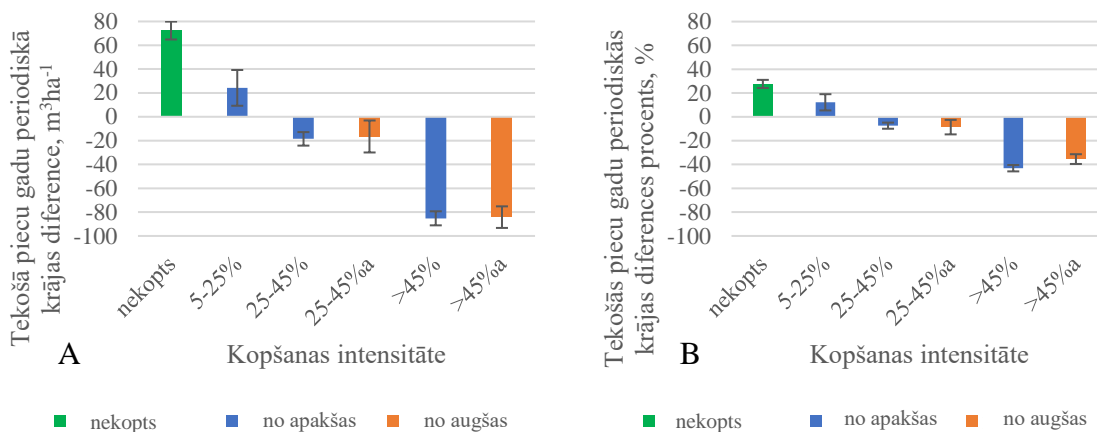


Avots: autora veidots

3.4. att. Tekošā piecu gadu periodiskā caurmēra diference (A) un tekošā piecu gadu periodiskā caurmēra diferences procents (B) kopšanā no apakšas un kopšanā no augšas (\pm standartklūda), sadalījumā pa kopšanas intensitātēm vidēja vecuma grupā salīdzinot dzīvo koku caurmēru uzreiz pēc kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās

Dzīvo koku krājas un caurmēra diference starp pirms cirtes stāvokli un stāvokli pēc pieciem gadiem

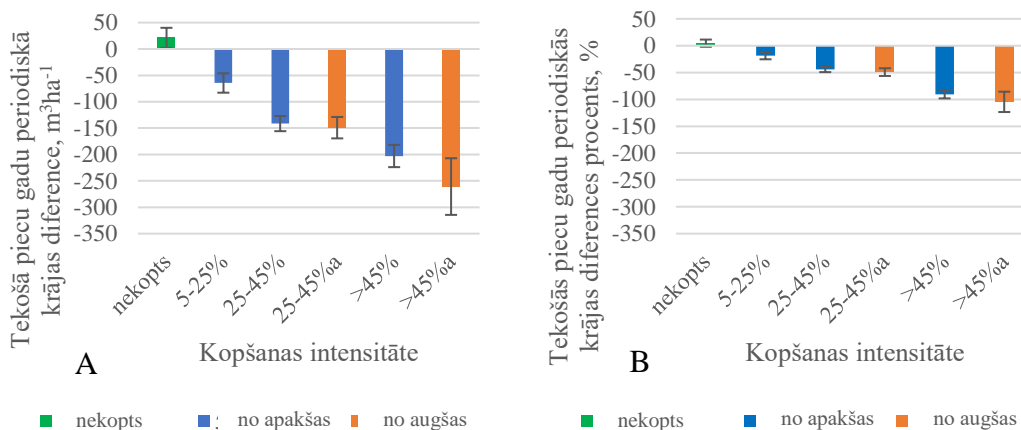
Tālāk tiek salīdzināta dzīvo koku krāja pirms kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās, tātad šoreiz ietverot cirtes laikā nocirstos kokus, taču tā vēl joprojām ir krājas diference intervāla sākumā un beigās jeb nepilnais pieaugums. Šis salīdzinājums parāda, vai audzes spēj atgūt kopšanas cirtē zaudētās krājas apjomu. Jaunaudžu vecuma audzēs (3.5. att.) var novērot, ka krājas diference ir pozitīva ($72,4 \pm 7,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) nekoptajos parauglaukumos un parauglaukumos ar zemu kopšanas intensitāti ($24,7 \pm 15,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Pie augstākām kopšanas intensitātēm gan kopšanā no apakšas ($-85,2 \pm 5,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), gan kopšanā no augšas ($-84,2 \pm 9,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) ir novērojami līdzīgi rezultāti. Abos kopšanas veidos diferences ir negatīvas, un, jo kopšanas intensitāte ir augstāka, jo negatīvā diference lielāka. Nekopto parauglaukumu krājas diference būtiski ($p < 0,05$) atšķiras no visiem koptajiem parauglaukumiem abos kopšanas veidos. Tieši to pašu situāciju var novērot krājas diferences procentā, tas ir, pozitīvās vērtības nekoptajos ($27,7 \pm 3,4 \%$) un ar mazu intensitāti koptajos parauglaukumos ($13,1 \pm 6,8 \%$), bet lielākās negatīvās diferences procenta vērtības pie augstas kopšanas intensitātes abos kopšanas veidos ($-35,5 \pm 4,1 \%$ kopšanā no augšas; $-43,1 \pm 2,7 \%$ kopšanā no apakšas). Krājas diferences procents nekoptajos parauglaukumos būtiski ($p < 0,05$) atšķiras no visiem koptajiem laukumiem izņemot no zemas kopšanas intensitātes laukumiem. Var konstatēt, ka jaunaudžu vecuma audzēs kopšanas intensitātei pārsniedzot 25 %, audzes 5 gadu laikā nevar uzkrāt tik lielu krāju, kāda bija pirms kopšanas cirtes. Toties kopšanā ar zemu intensitāti ir iegūta pat lielāka krāja nekā iepriekš.



Avots: autora veidots

3.5. att. Tekošā piecu gadu periodiskā krājas diference (A) un tekošās piecu gadu periodiskās krājas diferences procents (B) kopšanā no apakšas un kopšanā no augšas (\pm standartklūda), sadalījumā pa kopšanas intensitātēm jaunaudzū vecuma grupā salīdzinot dzīvo koku krāju pirms kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās

Vidēja vecuma audzēs (3.6. att.) ir novērojama nedaudz citāda situācija. Pozitīva diference ir tikai nekoptajos parauglaukumos ($21,1 \pm 18,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), pārējos tā ir negatīva un lielākā negatīvā vērtība ir augstas kopšanas intensitātes parauglaukumos abos kopšanas veidos ($-202,8 \pm 21,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ kopšanā no apakšas; $-260,7 \pm 53,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ kopšanā no augšas). Šīs atšķirības ir būtiski ($p < 0,05$) atšķirīgas kopšanā no apakšas un kopšanā no augšas. Tāpat kā jaunaudzū vecuma audzēs (3.4. att.) ir novērojama tendence, ka, pieaugot kopšanas intensitātei, pieaug gan negatīvā krājas diference gan krājas diferences procents. Var konstatēt, ka vidēja vecuma audzes piecu gadu laikā pēc kopšanas cirtes nevienā kopšanas veidā vai kopšanas intensitātē nav spējušas atgūt kopšanas cirtē nocirsto krājas apjomu.

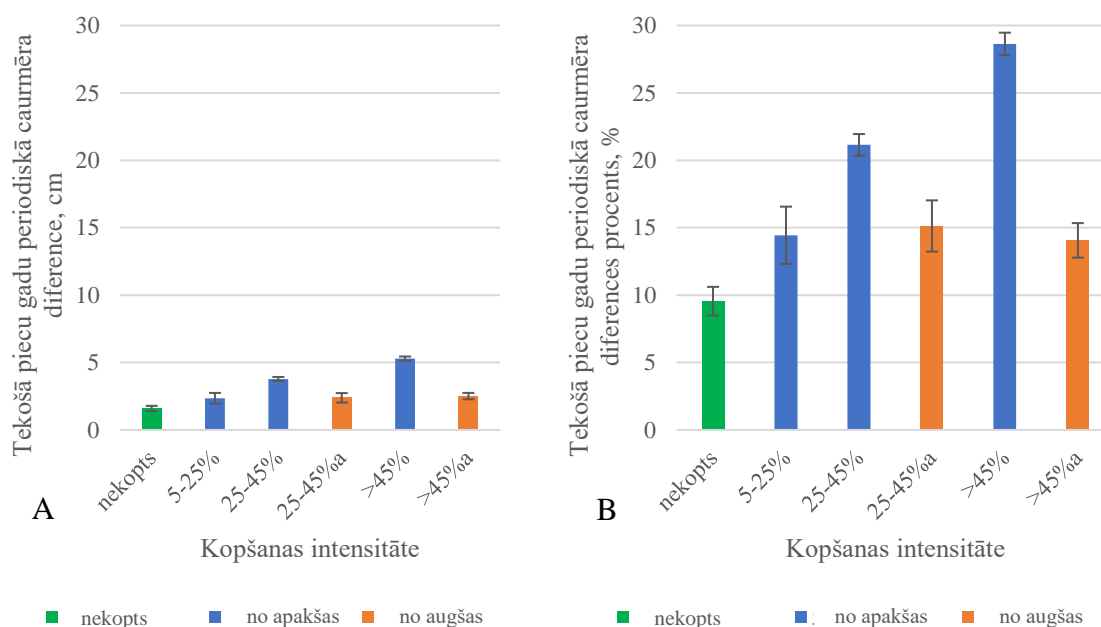


Avots: autora veidots

3.6. att. Tekošā piecu gadu periodiskā krājas diference (A) un tekošās piecu gadu periodiskās krājas diferences procents (B) kopšanā no apakšas un kopšanā no augšas (\pm standartklūda), sadalījumā pa kopšanas intensitātēm vidēja vecuma grupā salīdzinot dzīvo koku krāju pirms kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās

Jaunaudzū vecuma grupā (3.7. att.) var konstatēt, ka lielākā caurmēra diference ir vidējās ($2,3 \pm 0,1 \text{ cm}$) un augstas ($3,2 \pm 0,1 \text{ cm}$) kopšanas intensitātes laukumos kopšanā no apakšas, savukārt mazākā diference ir nekoptajos laukumos ($1,3 \pm 0,1 \text{ cm}$), šīs atšķirības ir

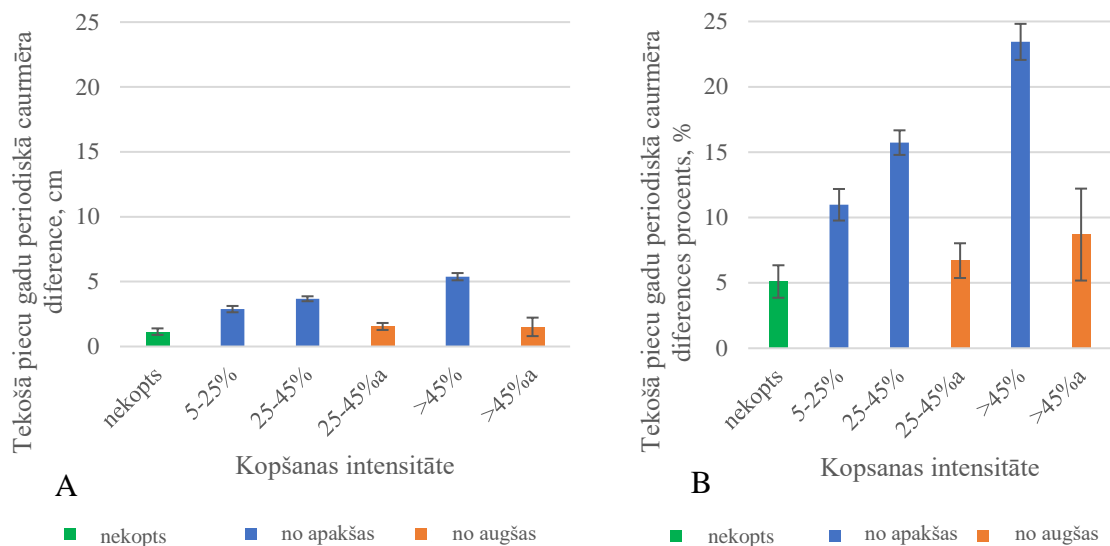
būtiskas ($p < 0,05$) gan vidējas gan augstas intensitātes laukumos. Kopšanā no augšas vidējas ($2,2 \pm 0,2$ cm) un augstas ($2,7 \pm 0,1$ cm) kopšanas intensitātes laukumu caurmēra diferences arī būtiski ($p < 0,05$) atšķiras no neoptajiem laukumiem. Diferences procents norāda uz tādu pašu situāciju, attiecīgi, gan kopšanā no apakšas vidējas ($12,4 \pm 0,4$ %) un augstas ($16,5 \pm 0,4$ %), gan kopšanā no augšas vidējas ($14,2 \pm 1,0$ %) un augstas ($15,3 \pm 0,5$ %) kopšanas intensitātes būtiski ($p < 0,05$) atšķiras no neoptajiem ($7,9 \pm 0,5$ %) laukumiem. Šajā caurmēru diferencu salīdzinājumā (pirms cirtes un 5 gadi pēc tās) ir loģisks caurmēra samazinājums tieši kopšanā no augšas, pašas kopšanas cirtes rezultātā nocirsti lielākie koki, kas samazina audzes (parauglaukuma) vidējo caurmēru.



Avots: autora veidots

3.7. att. Tekošā piecu gadu periodiskā caurmēra difference (A) un tekošā piecu gadu periodiskā caurmēra diferences procents (B) kopšanā no apakšas un kopšanā no augšas (\pm standartklūda), sadalījumā pa kopšanas intensitātēm jaunaudzju vecuma grupā salīdzinot dzīvo koku caurmēru pirms kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās

Vidēja vecuma grupā (3.8. att.) tāpat kā jaunaudzju vecuma grupā mazākā caurmēra difference un diferences procents ir nekoptajos laukumos ($1,3 \pm 0,1$ cm; $5,2 \pm 0,5$ %), bet augstākā difference - kopšanā no apakšas ar vidēju ($1,9 \pm 0,1$ cm; $7,5 \pm 0,4$ %) un augstu ($2,4 \pm 0,1$ cm; $7,7 \pm 0,6$ %) kopšanas intensitāti; šīs atšķirības ir būtiskas ($p < 0,05$) gan caurmēra differencei gan caurmēra diferences procentam. Kopšanā no augšas caurmēra difference vidējas ($1,8 \pm 0,1$ cm) un augstas ($1,5 \pm 0,7$ cm) kopšanas intensitātes parauglaukumos būtiski ($p < 0,05$) atšķiras no nekoptajiem parauglaukumiem, bet caurmēra diferences procents kopšanā no augšas būtiski ($p < 0,05$) atšķiras tikai augstas intensitātes laukumā ($8,7 \pm 3,5$ %) salīdzinājumā ar nekoptajiem laukumiem. Vidēja vecuma grupā (3.8. att.) salīdzinājumā ar jaunaudzju vecuma grupu (3.7. att.) var novērot, ka caurmēra diferences procentam ir vienāda tendence sadalījumā pa kopšanas intensitātēm, bet vērtības ir gandrīz par 5% mazākas nekā jaunaudzju vecuma grupā, ko var skaidrot ar mazāku reakciju uz kopšanas ietekmi vecākās audzēs.

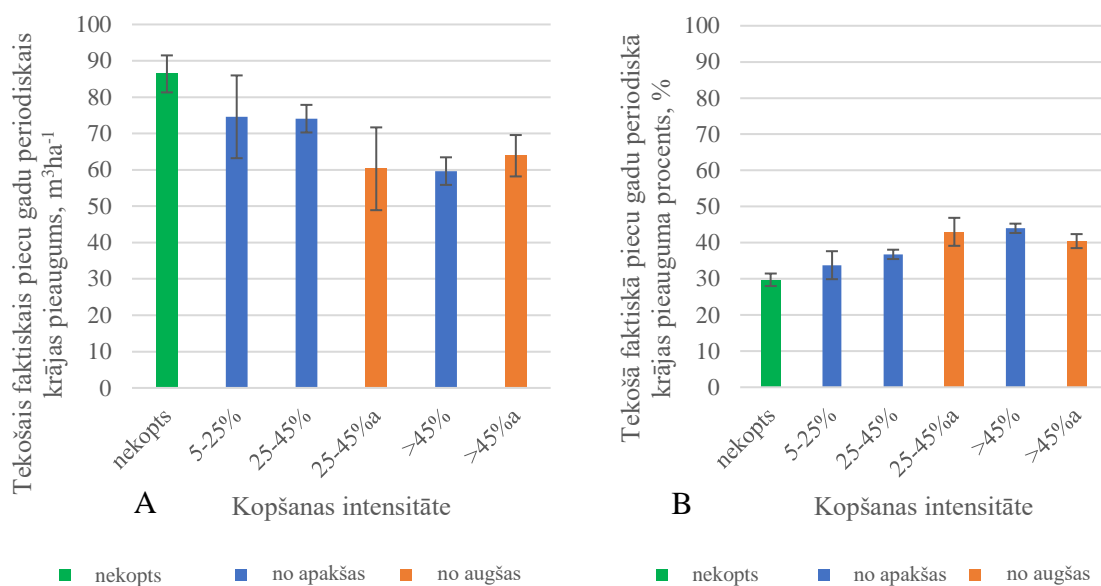


Avots: autora veidots

3.8. att. Tekošā piecu gadu periodiskā caurmēra diference (A) un tekošā piecu gadu periodiskā caurmēra diferences procents (B) kopšanā no apakšas un kopšanā no augšas (\pm standartklūda), sadalījumā pa kopšanas intensitātēm vidēja vecuma grupā salīdzinot dzīvo koku caurmēru pirms kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās

Dzīvo (koka līmenī identificējamo) koku krājas un caurmēra tekošais faktiskais periodiskais krājas pieaugums starp pēc cirtes stāvokli un stāvokli pēc pieciem gadiem

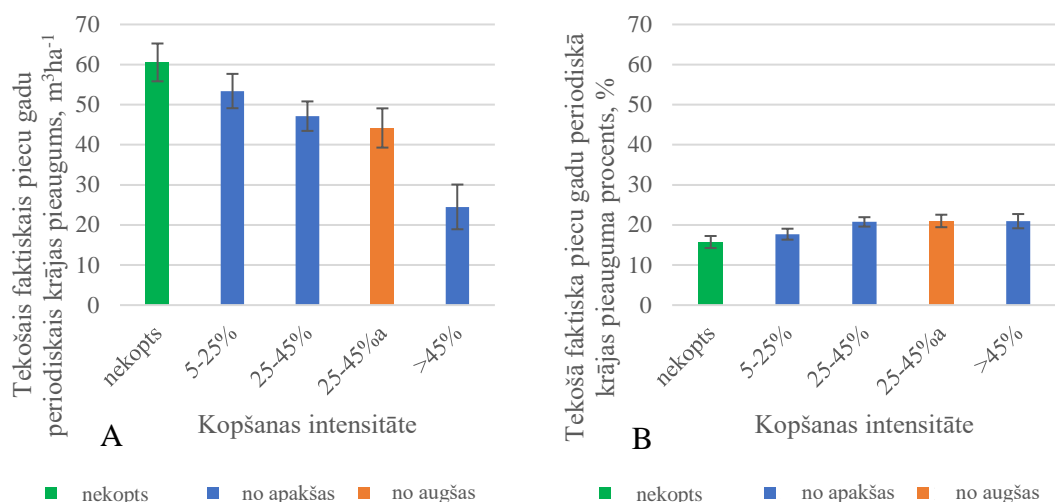
Salīdzinot dzīvos kokus uzreiz pēc cirtes un piecus gadus pēc cirtes, izmantojot tos objektus, kur ir iespējama identifikācija koka līmenī, tiek iegūts tekošais faktiskais periodiskais krājas pieaugums (turpmāk tekstā krājas pieaugums) un tekošā faktiskā periodiskā krājas pieauguma procents (turpmāk tekstā krājas pieauguma procents). Jaunaudžu vecuma grupā (3.9. att.) novērots, ka lielākais ($86,4 \pm 5,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) krājas pieaugums ir nekoptajos parauglaukumos, bet mazākais - augstākās kopšanas intensitātes parauglaukumos kopšanā no apakšas ($59,7 \pm 3,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) un vidējas kopšanas intensitātes parauglaukumos kopšanā no augšas ($60,3 \pm 11,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$); šīs atšķirības ir būtiskas ($p < 0,05$). Toties krājas pieauguma procents norāda, ka iepriekšminētais lielais krājas pieaugums nekoptajos parauglaukumos procentuāli pret iepriekšējo krāju ir mazāks nekā augstas kopšanas intensitātes parauglaukumos abos kopšanas veidos. Tātad mazākais krājas pieauguma procents ir nekoptajos parauglaukumos ($29,7 \pm 1,7 \%$), bet augstākais - augstas kopšanas intensitātes parauglaukumos kopšanā no apakšas ($44,0 \pm 1,3 \%$) un vidējas kopšanas intensitātes parauglaukumos kopšanā no augšas ($43,0 \pm 3,8 \%$); šīs atšķirības ir būtiskas ($p < 0,05$) abos kopšanas veidos.



Avots: autora veidots

3.9. att. Tekošais faktiskais piecu gadu periodiskais krājas pieaugums (A) un tekošā faktiskā piecu gadu periodiskā krājas pieauguma procents (B) kopšanā no apakšas un kopšanā no augšas (\pm standartklūda), sadalījumā pa kopšanas intensitātēm jaunaudzņu vecuma grupā salīdzinot dzīvo koku krāju uzreiz pēc kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās, izmantojot tikai identificējamus kokus

Vidēja vecuma grupā kopšanā no augšas augstas intensitātes parauglaukumos izveidojās pārāk maza novērojumu kopa, tāpēc tā nav iekļauta šajā aprēķinā, kur izmantoti tikai identificējamie koki. Vidēja vecuma audzēs (3.10. att.) ir līdzīga situācija. Lielākais ($60,5 \pm 4,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) krājas pieaugums arī novērojams nekoptajos laukumos un mazākais - augstas kopšanas intensitātes kopšanā no apakšas ($24,5 \pm 5,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) un vidējas kopšanas intensitātes kopšanā no augšas ($44,2 \pm 4,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$); šīs atšķirības ir būtiskas ($p < 0,05$). Toties krājas pieauguma procents, tieši pretēji, nekoptajos laukumos ir vismazākais ($15,7 \pm 1,5 \%$) un lielākais intensīvi koptajos ($21,0 \pm 1,8 \%$), taču atšķirības nav statistiski būtiskas ($p > 0,05$). Rezultāti sakrīt ar Nilsson et al (2010) pētījuma rezultātiem, kur novērots, ka lielākais krājas pieaugums ir nekoptajos laukumos, bet augstākās kopšanas intensitātes laukumos ir novērojams krājas pieauguma samazinājums. Līdzīgi Juodvalkis et al (2005) pētījumam, arī konstatēts, ka jaunākās audzēs ir lielāki krājas pieaugumi pēc kopšanas cirtēm, salīdzinot ar vecākām audzēm.

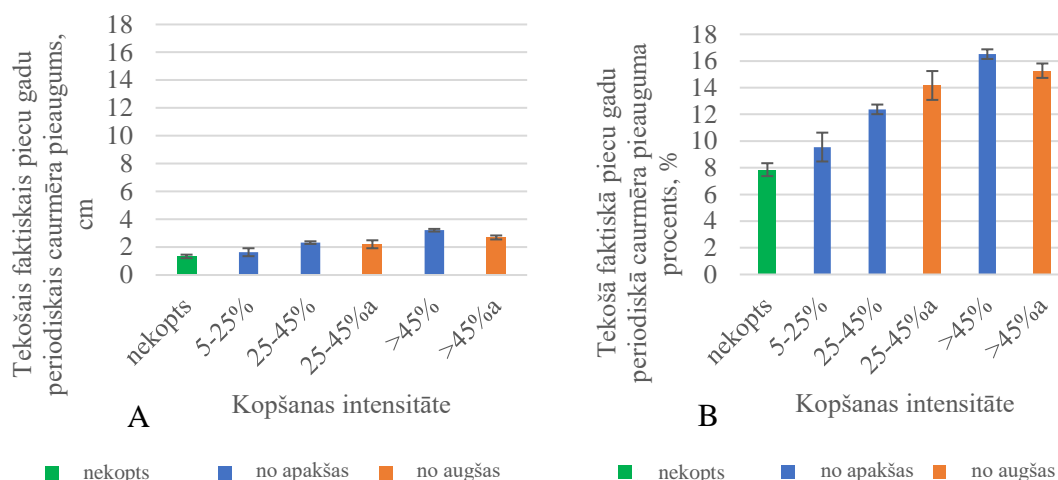


Avots: autora veidots

3.10. att. Tekošais faktiskais piecu gadu periodiskais krājas pieaugums (A) un tekošā faktiskā piecu gadu periodiskā krājas pieauguma procents (B) kopšanā no apakšas un kopšanā no augšas (\pm standartklūda), sadalījumā pa kopšanas intensitātēm vidēja vecuma grupā salīdzinot dzīvo koku krāju uzreiz pēc kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās, izmantojot tikai identificējamus kokus

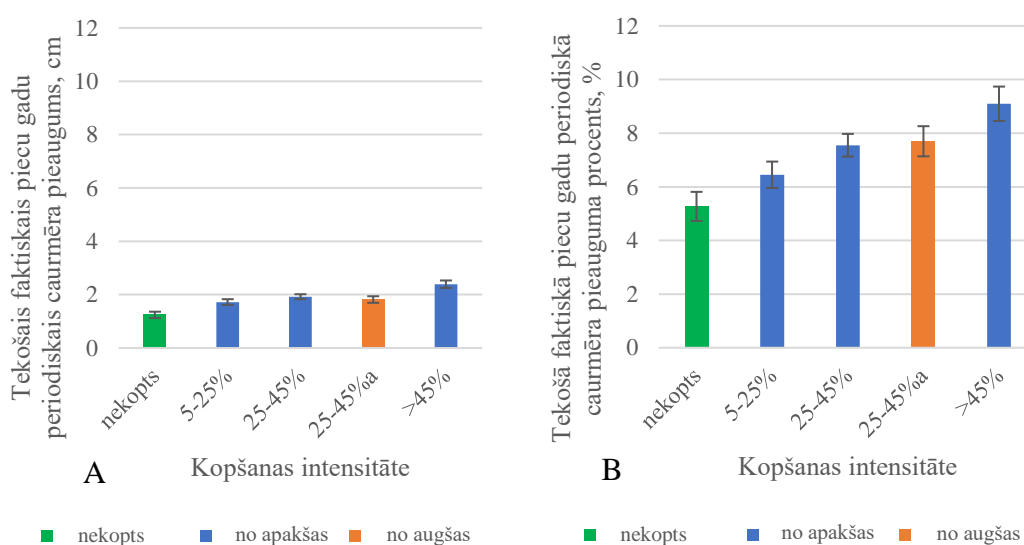
Jaunaudžu vecuma grupā (3.11. att.) var konstatēt, ka lielākais caurmēra pieaugums ir augstākajā kopšanas intensitātē abos kopšanas veidos ($3,2 \pm 0,1$ cm), bet mazākais caurmēra pieaugums - nekoptajos parauglaukumos ($1,3 \pm 0,1$ cm); būtiskas ($p < 0,05$) atšķirības ir tikai kopšanā no apakšas. Šo pašu norāda arī caurmēra pieauguma procents, kur būtiski ($p < 0,05$) atšķiras nekoptie ($7,9 \pm 0,5$ %) un intensīvi koptie ($16,5 \pm 0,4$ %) parauglaukumi kopšanā no apakšas. Pieaugot kopšanas intensitātei, palielinās caurmēra pieauguma procents.

Vidēja vecuma grupā (3.12. att.) novērojama tāda pati sakarība kā jaunaudžu vecuma grupā (3.11. att.). Mazākais caurmēra pieaugums un caurmēra pieauguma procents ir nekoptajos laukumos ($1,2 \pm 0,1$ cm; $5,3 \pm 0,5$ %), bet lielākais - augstas kopšanas intensitātes laukumos ($2,4 \pm 0,2$ cm; $9,1 \pm 0,6$ %); šī atšķirība ir būtiska ($p < 0,05$) kopšanā no apakšas gan caurmēra pieaugumam gan caurmēra pieauguma procentam. Šis rezultāts sakrīt gan ar Nilsson et al (2010) pētījuma rezultātiem, kur mazākais caurmēra pieaugums novērots nekoptajos laukumos un augstākais caurmērā pieaugums novērots intensīvi koptajos laukumos, gan arī ar Mäkinen un Isomäki (2004) pētījuma rezultātiem, kur līdz ar kopšanas intensitātes paaugstināšanos palielinās caurmēru pieaugums.



Avots: autora veidots

3.11. att. Tekošais faktiskais piecu gadu periodiskais caurmēra pieaugums (A) un tekošā faktiskā piecu gadu periodiskā caurmēra pieauguma procents (B) kopšanā no apakšas un kopšanā no augšas (\pm standartklūda), sadalījumā pa kopšanas intensitātēm jaunaudzū vecuma grupā salīdzinot dzīvo koku caurmēru uzreiz pēc kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās, izmantojot tikai identificējamus kokus

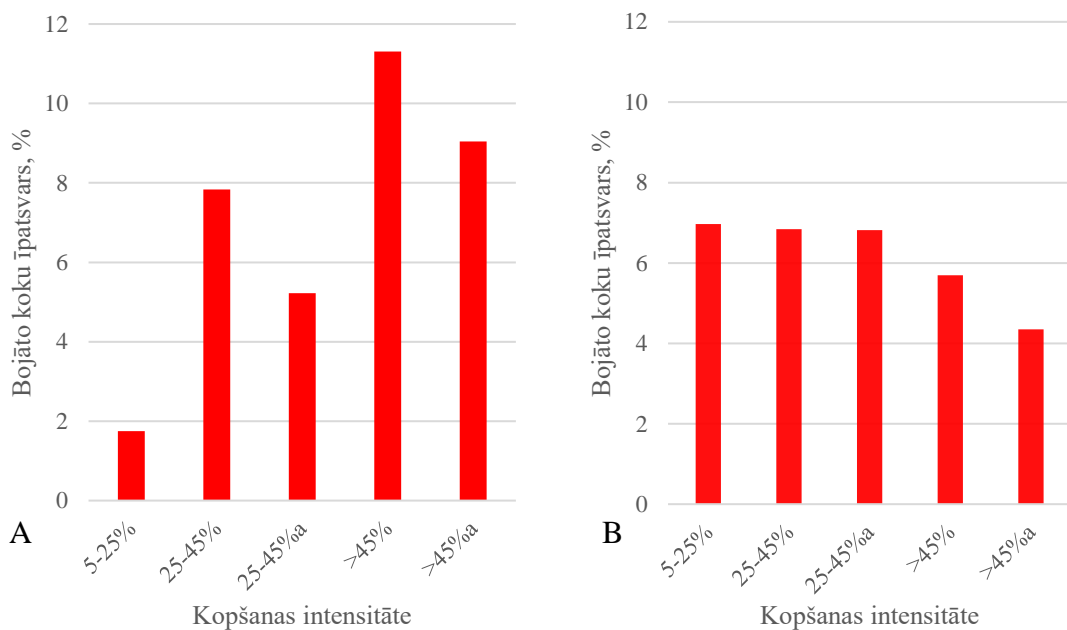


Avots: autora veidots

3.12. att. Tekošais faktiskais piecu gadu periodiskais caurmēra pieaugums (A) un tekošā faktiskā piecu gadu periodiskā caurmēra pieauguma procents (B) kopšanā no apakšas un kopšanā no augšas (\pm standartklūda), sadalījumā pa kopšanas intensitātēm vidēja vecuma grupā salīdzinot dzīvo koku caurmēru uzreiz pēc kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās, izmantojot tikai identificējamus kokus

3.2. Mežizstrādes tehnikas radītie bojājumi

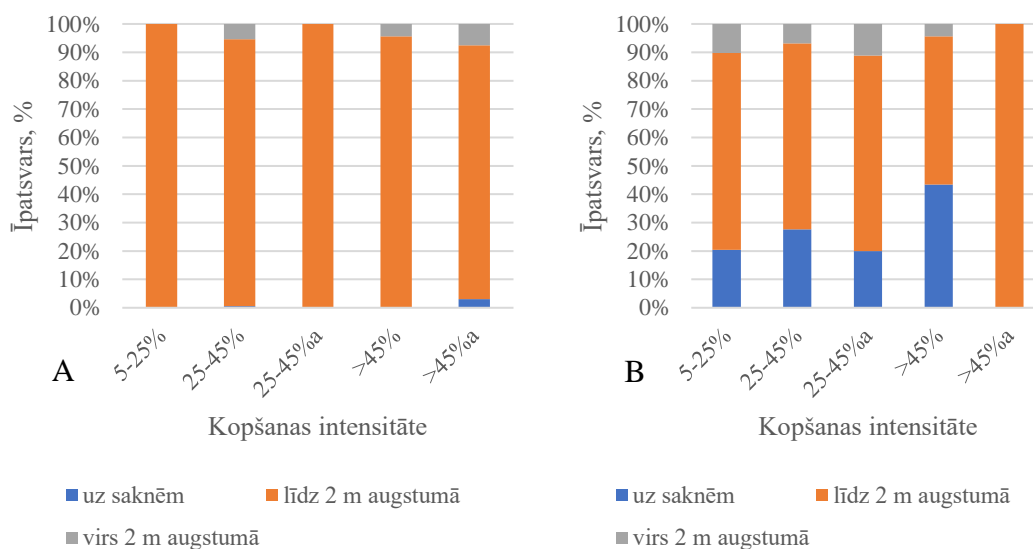
Statistiskā analīze uzrādīja statistiski būtiskas atšķirības ($t=2.77 > t_{0.05; \infty}=1.96$) starp krājas kopšanas cirtē bojāto koku īpatsvaru jaunaudzņu vecuma un vidēja vecuma grupās. Bojāto koku īpatsvars ir izteikts procentos no visu koku dzīvo koku skaita uzreiz pēc kopšanas cirtes. Konstatēts, ka jaunaudzņu vecuma grupā (3.13. A att.), pieaugot kopšanas intensitātei, palielinās bojājumu īpatsvars abos kopšanas veidos. Tātad mazākais (1,7 %) mežizstrādes bojājumu īpatsvars ir zemas kopšanas intensitātes laukumos un lielākais (11,3 %) - augstas kopšanas intensitātes laukumos; šī atšķirība ir būtiska ($t = 4,97$) kopšanā no apakšas. Vidēja vecuma grupā (3.13. B) ir novērojams atšķirīgs bojāto koku īpatsvara sadalījums. Lielākais (7,0 %) īpatsvars ir zemākās kopšanas intensitātes parauglaukumos, bet mazākais (4,3 %) - visintensīvāk koptajos parauglaukumos; nav konstatētas būtiskas atšķirības ne starp kopšanas intensitātēm, ne starp kopšanas veidiem. Atšķirību starp mežizstrādes bojājumiem jaunaudzņu vecuma grupā un vidēja vecuma grupā var skaidrot ar to, ka jaunākās audzēs ir vairāk koku, kas apgrūtina mežizstrādes darbus. Konkrētāk to var novērot augstas kopšanas intensitātes parauglaukumos, kur bija daudz mazāka caurmēra koku, kurus nocērtot, gāžot, sagarumojot un veicot pievešanas darbus, bija daudz iespēju bojāt paliekošos kokus. Vidēja vecuma audzēs jau pirms kopšanas cirtes bija mazāks koku skaits, kas deva vairāk vietas mežizstrādes darbiem. Lielāku bojāto koku īpatsvaru mazas kopšanas intensitātes laukumos vidēja vecuma grupā var skaidrot ar nepieciešamību audzē atstāt vairāk koku jeb cirst ar mazāku intensitāti, ierobežojot iespēju nozāgēt visus bojātos kokus. Iegūtie rezultāti atšķiras no cita pētījuma Lazdiņš u.c. (2020), kur vidējais mežizstrādes laikā bojāto koku īpatsvars egļu audzē bija 4,9 %. Šo atšķirību bojāto koku īpatsvarā jaunaudzņu vecuma grupā var izskaidrot ar to, ka lielākā daļa no šīm audzēm sākotnēji bija pārbiezinātas (biezība virs 1). Kā arī jaunaudzņu vecuma grupā iepriekšminētā pētījuma rezultāts sakrīt zemas kopšanas intensitātes parauglaukumos, toties laukumos ar augstāku kopšanas intensitāti tiek pārsniegts. Vidēja vecuma grupā bojāto koku īpatsvars ir līdzīgs vai nedaudz pārsniedz Lazdiņš u.c. (2020) pētījuma rezultātu.



Avots: autora veidots

3.13. att. Bojāto koku īpatsvars jaunaudzņu vecuma grupā (A) un bojāto koku īpatsvars vidēja vecuma grupā (B) sadalījumā pa kopšanas intensitātēm

Koku bojājumi iedalīti trīs grupās atkarībā no to izvietojuma uz koka, tas ir: uz saknēm, stumbra lejas daļā līdz 2 m augstumam, uz stumbra virs 2 m augstuma. Abās vecuma grupās lielākā bojājumu daļa ir izvietota stumbra lejas daļā līdz 2 m augstumam (3.14. att.). To var izskaidrot ar to, ka mežizstrādes laikā tieši šajā augstumā notiek lielākā manipulatoru darbības daļa, tas ir, koku zāģēšana, gāšana, sagarumošana pa sortimentiem, kā arī pašu sortimentu iekraušana pievešanas darbu laikā. Vidēja vecuma grupā konstatēts vairāk sakņu bojājumu (0-40 %) nekā jaunaudžu vecuma grupā (0-3 %), kas šajā gadījumā skaidrojams ar to, ka vidēja vecuma audžu grupā ir vairākas audzes āreņu tipos. Vidēja vecuma grupā var arī novērot, ka, pieaugot kopšanas intensitātei, pieaug sakņu bojājumu īpatsvars. Jāatzīmē, ka augstas kopšanas intensitātē kopšanā no augšas rezultātu ietekmēja maza novērojumu kopa. Rezultāti līdzinās Vasiliauskas (2001) pētījumu analizē konstatētam, tas ir egļu audzēs izmantojot mežizstrādes tehniku ar manipulatoru, lielākā (90 %) mežizstrādes bojājumu daļa atrodas zem 1,5 m augstuma no sakņu kakla. Toties no iepriekšminētā pētījuma atšķiras mazs konstatētais sakņu bojājumu īpatsvars, Vasiliauskas (2001) secināja, ka vidēji sakņu bojājumu skaits veicot mežizstrādi egļu audzēs var sasniegt 39% no kopējā bojājumu īpatsvara. Šāds sakņu bojājumu īpatsvars konstatēts tikai vidēja vecuma grupā augstas kopšanas intensitātes laukumos kopšanā no apakšas.

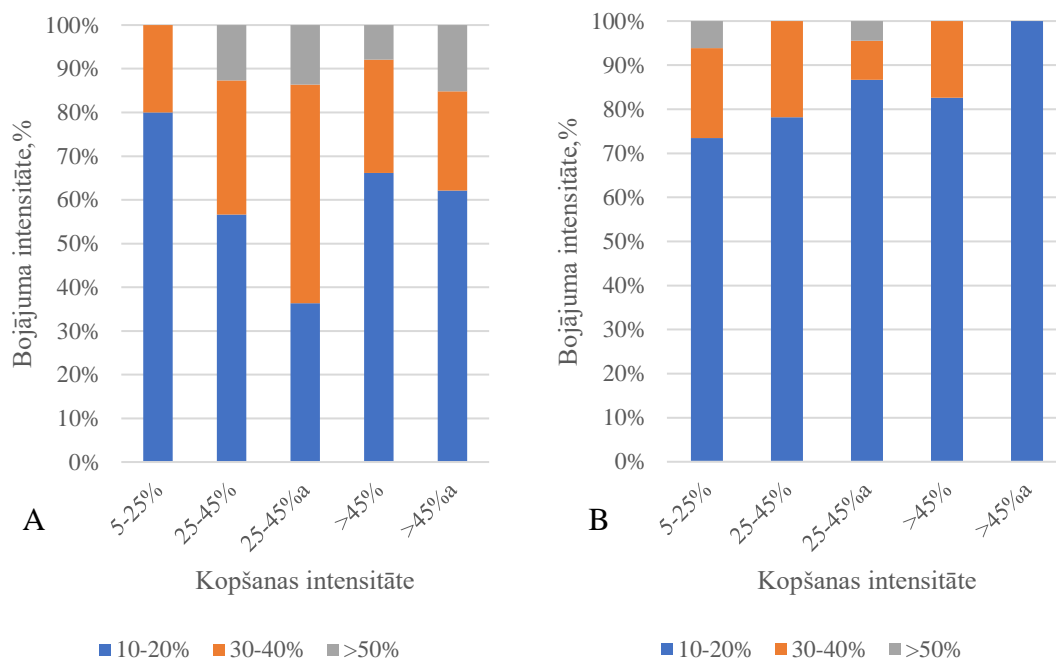


Avots: autora veidots

3.14. att. Bojāto koku bojājumu atrašanās vieta jaunaudžu vecuma grupā (A) un vidēja vecuma grupā (B) sadalījumā pa kopšanas intensitātēm

Tālāk šie bojājumi sadalīti pēc to intensitātēm trijās grupās. Bojāto koku bojājumu intensitāte (cik % bojāti no koka apkārtmēra) jeb bojāto koku bojājuma pakāpe: 10-20% jeb nebūtiski bojājumi, 30-40% jeb vidēji būtiski bojājumi, >50% jeb būtiski bojājumi. Jaunaudžu vecuma grupā (3.15. att.) var novērot, ka zemas kopšanas intensitātē ir visvairāk (80 %) nebūtisko bojājumu un pārējās intensitātēs ir gan vairāk vidēji būtisku bojājumu, gan būtisku bojājumu. Šo var izskaidrot tā, ka, pieaugot kopšanas intensitātei, ir nepieciešams nocirst vairāk koku, kas nozīmē vairāk darbību un manipulāciju ap paliekošajiem kokiem, turklāt, vairākkārt nobrāžot vienu koku, veidojas lielāka brūce jeb intensīvāks bojājums. Pēc lielā intensīvo bojājumu īpatsvara jaunaudžu vecuma grupā kopšanā no augšas var secināt, ka, izvēcot lielos kokus, ir lielāka iespēja bojāt paliekošos mazos kokus. Toties vidēja vecuma grupā novērojams, ka praktiski visi (73-100 %) bojājumi ir nebūtiski. Šis skaidrojams ar mazāku sākotnējo koku skaitu un līdz ar to mazāku iespēju bojāt konkrēto koku vairākkārt. Vidēja vecuma grupā lielākais intensīvo bojājumu īpatsvars (6 %)

novērojams tieši zemas kopšanas intensitātes laukumos un ir saistīts ar lielāko paliekošo koku skaitu.



Avots: autora veidots

3.15. att. Bojāto koku bojājumu intensitāte jaunaudžu vecuma grupā (A) un vidēja vecuma grupā (B) sadalījumā pa kopšanas intensitātēm

3.3. Sanitārais stāvoklis

Pēc kopšanas ciršu veikšanas daļā audžu konstatēti dažāda veida dabisko traucējumu radīti bojājumi, piemēram, vējlauze, vējgāze vai mizgraužu izplatīšanās, kuru dēļ lielākajā daļā no audzēm ir veiktas sanitārās kopšanas cirtes vai sanitārās kailcirtes, kas dažkārt neskar pētāmos objektus. Taču ir arī gadījumi, kad skarti vairāki parauglaukumi.

Jaunaudžu vecuma grupā sanitārās cirtes ir veiktas trijās audzēs, bet vidēja vecuma grupā sanitārā cirte ir veikta katrā audzē vismaz vienu reizi. Piemēram, 47 gadus vecā mežaudzē vērī (503-148-17) jau samērā neilgi (nepilnus 2 gadus) pēc kopšanas ir veikta sanitārā cirte (3.2. tabula).

Kopšanas un sanitārās cirtes pētāmajās audzēs

Objekts	Kopšanas laiks	Sanitārās cirtes				
		1. reize	2. reize	3. reize	4. reize	5. reize
111-86-5	2017. vasara	-	-	-	-	-
105-97-7	2018. vasara	-	-	-	-	-
201-399-14	2018. ziema	-	-	-	-	-
205-24-33	2016. vasara	2022.apr	2024.febr	-	-	-
205-92-61	2016. vasara	2019.febr	-	-	-	-
502-226-3	2018. ziema	2022.apr	-	-	-	-
505-210-16	2017. ziema	-	-	-	-	-
501-161-1	2017. ziema	-	-	-	-	-
104-391-15	2017. vasara	2020.mai	-	-	-	-
206-62-10	2016. vasara	2022.apr	-	-	-	-
503-148-17	2016. vasara	2018.jan	2020.apr	2023.sept	-	-
503-302-8	2016. ziema	2020.apr*	2020.aug	2021.dec*	2022.mai	-
502-381-4	2018. ziema	2023.aug**	-	-	-	-
509-148-22	2018. ziema	2020.mai	2023.febr	-	-	-
506-151-38	2018. ziema	2020.apr	2021.aug	2022.mai	2023.jan*	2024.jan**
503-307-10	2016. ziema	2019.nov	2020.jūn	-	-	-

Avots: autora veidots

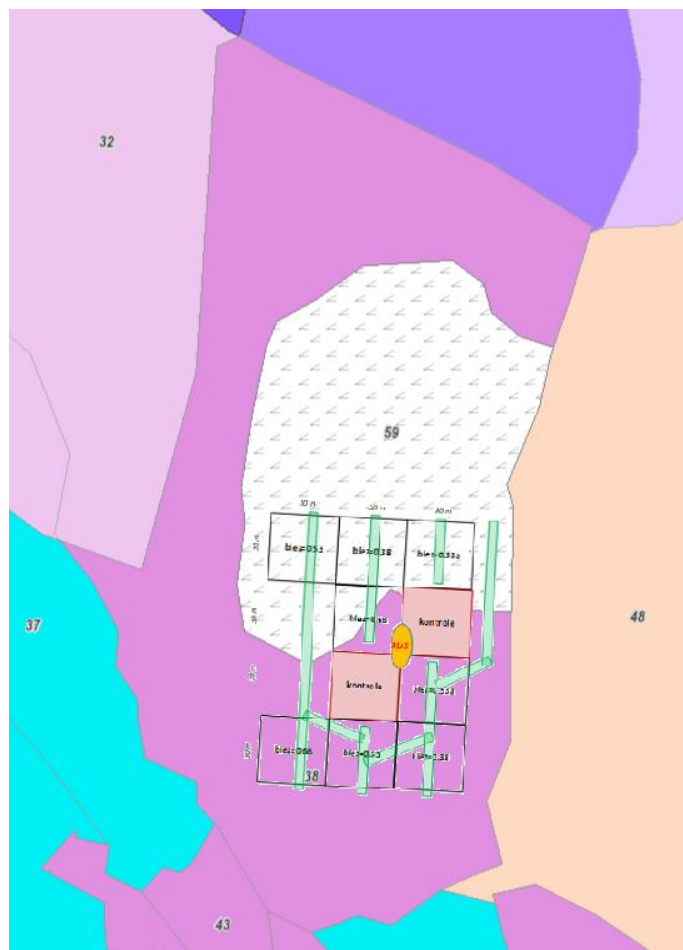
Tabulā (3.2. tabula) ar zvaigznītēm apzīmēti gadījumi, kad veiktas sanitārās kailcirtes. Ar vienu zvaigznīti apzīmēti gadījumi, kad sanitārā kailcirte veikta nogabalā un skar parauglaukumus. Ar divām zvaigznītēm apzīmēti gadījumi, kad sanitārajā kailcirtē nozāģēts viss nogabals ar tajā esošo objektu (pēc 5 gadu pārmērījuma).

Piemēram, 54 gadus vecā mežaudzē damaksnī (506-151-38) ir veiktas vairākas sanitārās cirtes. Šo audzi ietekmēja gan vējgāzes (3.16. att.), gan mizgrauži. Pēc trešās sanitārās cirtes platību ar lielu bojātu koku koncentrāciju izdalīja kā jaunu nogabalu (59.), kur veikta sanitārā kailcirte (3.17. att.), jo izdalītā nogabala šķērslaukums bija zem kritiskā šķērslaukuma. Šī kailcirte, kas veikta dažus mēnešus pēc pēdējā mērījuma (piecus gadus pēc kopšanas cirtes), skāra arī parauglaukumus ar atstātās audzes biežību 0,38; 0,53; 0,53a; nozāģējot tos pilnībā, un daļēji nozāģējot parauglaukumu ar atstātās audzes biežību 0,68 un kontroles parauglaukumu. Gadu vēlāk (sešus gadus pēc kopšanas cirtes) veikta visa nogabala sanitārā kailcirte. Līdzīga situācija (3.18. att.) bija 50 gadus vecā mežaudzē vērī (502-381-4), kur pāris mēnešus pēc pēdējā uzmērījuma veikta visa nogabala sanitārā kailcirte.



Avots: autora veidots

3.16. att. 54 gadus veca audze damaksnī (506-151-38) pirms sanitārās cirtes



Avots: autora veidots

3.17. att. Sanitārās cirtes izvietojums 54 gadus vecā audzē damaksnī (506-151-38)

Kombinēts no mežaudžu plāna un parauglaukumu izvietojuma nogabalā



Avots: autora veidots

3.18. att. 50 gadus veca audze vērī (502-381-4) pirms sanitārās cirtes

Arī 47 gadus vecā audzē šaurlapju ārenī (503-302-8) ir līdzīga situācija ar vairākām sanitārajām cirtēm. Pirmā sanitārā cirte veikta pēc vēja izraisītajiem bojājumiem. Tika izdalīts atsevišķs nogabals (18.), kur veikta sanitārā kailcirte, kad audzes stāvoklis pasliktinājās, kā arī veikta sanitārā izlases cirte daļā no sākotnējā nogabala. Vēlāk blakus jaunizveidotajam nogabalam izdalīja vēl vienu nogabalu (19.) sanitārajai kailcirtei. Šo ciršu rezultātā daļēji nocirsti parauglaukumi (3.19. att.) ar atstātās audzes biežībām 0,38; 0,53; 0,53a, kā arī kontrole.



Avots: autora veidots

3.19. att. Sanitārās cirtes izvietojums 47 gadus vecā audzē šaurlapju ārenī (503-302-8)

Kombinēts no mežaudžu plāna un parauglaukumu izvietojuma nogabalā

Pirms sanitārās cirtes audze apsekota. Apsekošanā konstatēts, ka kopšanas veidā no augšas augstas kopšanas intensitātes parauglaukumā lielā daļā parauglaukuma ir vējlauzti un vējgāzti koki, toties blakus tam esošais kontrolē jeb nekoptais parauglaukums praktiski nav bojājumu skarts. Vēja izraisītie bojājumi ir ietekmējuši lielu nogabala daļu (3.20. att.). Daļai koku bojāti tikai vainagi, kur vēja ietekmē nolauzta galotne. Šiem kokiem bez galotnes ir novērojams apikālās dominances zudums, tas ir, galotnes pumpurs ir zaudējis savas spējas augt un viņa vietu aizņems cits zars. Atkarībā no bojājuma lieluma šī dominances maiņa var tikt apgrūtināta vai nenotikt vispār, un šis koks aiziet bojā.

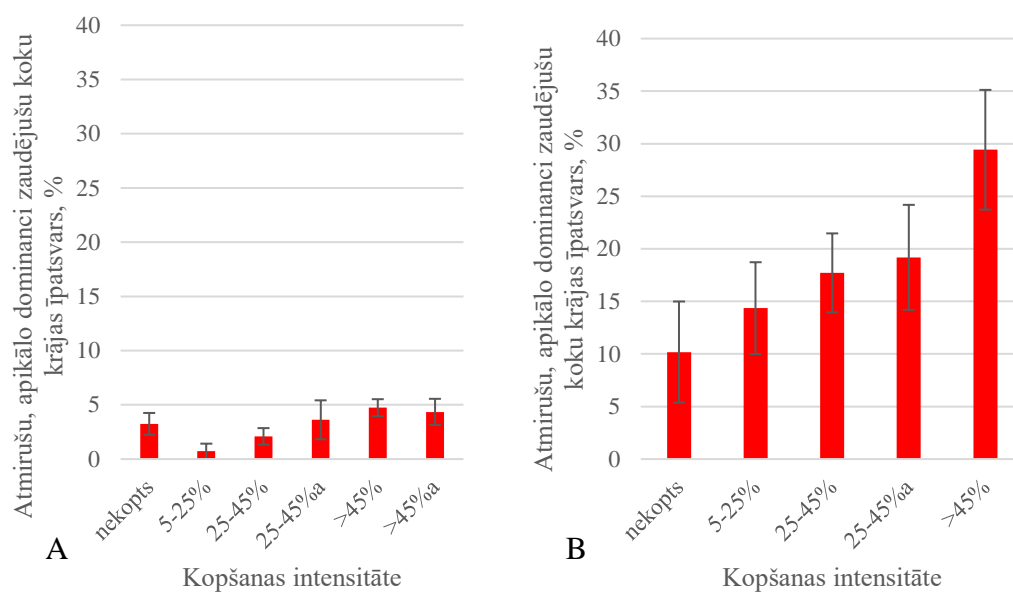


Avots: autora veidots

3.20. att. 47 gadus veca audze šaurlapju ārenī (503-302-8) pirms sanitārās cirtes

Atmirušo un apikālo dominanci zaudējušu (turpmāk tekstā atmirušo un atmirstošo) koku krājas īpatsvara aprēķiniem nav izmantots objekts (503-302-8), kurā nebija iespējams identificēt starp uzmērījumiem sanitārajās cirtēs nozāgētos kokus koka līmeņi, līdz ar to nebija zināms kopējais atmirušo un atmirstošo koku īpatsvars.

Jaunaudžu vecuma grupā (3.21. att.) var novērot, ka mazākais ($0,7 \pm 0,7$ %) atmirušo un atmirstošo koku krājas īpatsvars ir konstatēts zemas kopšanas intensitātes parauglaukumos, bet lielākais ($4,7 \pm 0,8$ %) īpatsvars ir augstākās kopšanas intensitātes parauglaukumos. Tātad, pieaugot kopšanas intensitātei, jaunaudžu vecuma grupā pieaug arī atmirušo un atmirstošo koku krājas īpatsvars. Taču nekoptajos parauglaukumos šis īpatsvars ir augstāks ($3,3 \pm 1,0$ %) nekā zemas un vidējas ($2,1 \pm 0,8$ %) kopšanas intensitātes laukumos kopšanā no apakšas. Jaunaudžu vecuma grupā vidējā kopšanas intensitātē atmirušo un atmirstošo koku krājas īpatsvars kopšanā no apakšas ir mazāks ($3,6 \pm 1,8$ %) nekā kopšanā no augšas šajā pašā intensitātē, bet augstas kopšanas intensitātes laukumos ir otrādi. Vidēja vecuma grupā mazākais ($10,2 \pm 4,8$ %) atmirušo un atmirstošo koku krājas īpatsvars ir nekoptajos parauglaukumos, bet lielākais ($29,4 \pm 31,1$ %) īpatsvars - augstas kopšanas intensitātē kopšanā no apakšas. Vidējā vecuma grupā vēl skaidrāk var novērot to, ka, pieaugot kopšanas intensitātei, pieaug arī atmirušo un atmirstošo koku krājas īpatsvars. Vidēja vecuma grupā kopšanā no apakšas pie vidējas intensitātes ir mazāks ($17,7 \pm 19,7$ %) atmirušo un atmirstošo koku krājas īpatsvars nekā kopšanā no augšas ($19,2 \pm 11,5$ %). Vērojams arī, ka vidēja vecuma grupā visās intensitātēs ir lielākas atmirušo un atmirstošo koku krājas īpatsvara vērtības nekā jaunaudžu vecuma grupā, taču būtiski ($p < 0,05$) savstarpēji atšķiras tikai vecuma grupas, bet starp kopšanas intensitātes grupām nav novērotas statistiski būtiskas ($p > 0,05$) atšķirības. Wallentin un Nilsson (2013) pētījumā novērots līdzīgs rezultāts, tas ir pieaugot kopšanas cirtes intensitātei pieaug vētru un sniega ietekmē radušies bojājumi, piemēram, vējgāzes, snieglieces. Kā arī apstiprina sakarību, ka palielinoties mežizstrādes intensitātei samazinās paliekošās audzes noturība, tas ir samazinoties kaimiņu koku savstarpējam atbalstam izveidojas atvērumi un tiek atsegti koku vainagi no vēja nepasargātām pusēm.



Avots: autora veidots

3.21. att. Atmirušo un apikālo dominanci zaudējušu koku krājas īpatsvars jaunaudzū vecuma grupā (A) un vidēja vecuma grupā (B) sadalījumā pa kopšanas intensitātēm

SECINĀJUMI

1. Salīdzinot krājas diferenci no dzīviem kokiem uzreiz pēc krājas kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās, konstatēts, ka jaunaudžu grupā (20-30 gadi) ir augšanas procesu pārsvars pār atmiršanu un krājas diferences ir pozitīvas abos kopšanas veidos (no apakšas un no augšas) visās kopšanas intensitātēs. Vidēja vecuma grupā (45-55 gadi) šis augšanas procesu pārsvars pār atmiršanu ir tikai nekoptajā audzes daļā (kontrolē) un zemas kopšanas intensitātes (5-25 %) parauglaukumos, bet visās pārējās intensitātēs abos kopšanas veidos krājas diferences ir negatīvas.
2. Salīdzinot krājas diferenci no dzīvajiem kokiem pirms kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās, tas ir, ietverot kopšanas cirtē nocirstos kokus, ir konstatēts, ka jaunaudžu vecuma grupā pozitīva krājas diference ir nekoptajā audzes daļā (kontrolē). Koku pieaugums krājas kopšanā zaudēto krājas apjomu kompensējis tikai zemas kopšanas intensitātes parauglaukumos kopšanā no apakšas, pārējās intensitātēs abos kopšanas veidos ir negatīvas krājas diferences. Vidēja vecuma grupā pozitīva krājas diference ir tikai nekoptajā kontrolē, bet visās pārējās kopšanas intensitātēs abos kopšanas veidos nav izdevies atgūt krājas kopšanā zaudēto krājas apjomu, un visas krājas diferences ir negatīvas.
3. Salīdzinot faktisko dzīvo koku krājas pieaugumu uzreiz pēc krājas kopšanas cirtes un piecus gadus pēc tās (izmantojot tos objektus, kur ir iespējama identifikācija koka līmenī), konstatēts, ka jaunaudžu vecuma grupā un vidēja vecuma grupā lielākais faktiskais krājas pieaugums ir nekoptajās audzes daļās (kontrolēs). Palielinoties kopšanas intensitātei, krājas pieaugums abos kopšanas veidos samazinās, toties faktiskā krājas pieauguma procents pieaug.
4. Mežizstrādes tehnikas radīto bojājumu rezultātā bojāto koku īpatsvars jaunaudžu vecuma grupā pieaug, palielinoties kopšanas intensitātei abos kopšanas veidos. Vidēja vecuma grupā visās kopšanas intensitātēs novērots līdzīgs bojāto koku īpatsvars un starp tiem nav konstatētas statistiski būtiskas atšķirības.
5. Abās vecuma grupās, pieaugot kopšanas intensitātei, palielinās atmirušo un atmirstošo koku krājas īpatsvars abos kopšanas veidos. Vidēja vecuma grupā šis īpatsvars ir vairākas reizes lielāks nekā jaunaudžu vecuma grupā, un šī atšķirība ir būtiska.
6. Hipotēze daļēji apstiprinās, jo dažādām kopšanas intensitātēm un dažādiem kopšanas veidiem ir konstatētas būtiskas krājas diferences un krājas pieaugumu atšķirības, kā arī konstatētas būtiskas mežizstrādes tehnikas bojāto koku īpatsvara atšķirības atkarībā no kopšanas veida un kopšanas intensitātes. Tomēr nav novērotas statistiski būtiskas atmirušo un atmirstošo koku krājas īpatsvara atšķirības atkarībā no kopšanas veida un kopšanas intensitātes.

PRIEKŠLIKUMI

Lai nodrošinātu ražīgas kokaudzes attīstību un mazinātu bojājumu risku, ieteicams iespēju robežās krājas kopšanas cirtes veikt jaunaudžu vecumā. Vidēja vecuma audzēs krājas kopšana veicama ar zemu kopšanas intensitāti (<25 %).

IZMANTOTO INFORMĀCIJAS AVOTU SARAKSTS

1. Albrecht, A.; Hanewinkel, M.; Bauhus, J.; Kohnle, U. (2012) *How does silviculture affect storm damage in forests of south-western Germany?* Results from empirical modeling based on long-term observations. *Eur. J. For. Res.*, 131, 229–247.
2. Arhipova, N.; Gaitnieks, T.; Donis, J.; Stenlid, J.; Vasaitis, R. (2011) *Butt rot incidence, causal fungi, and related yield loss in Picea abies stands of Latvia*. *Can. J. For. Res.*, 41, 2337–2345.
3. Bradley, R. T. (1963). *Thinning as an instrument of forest management*. *Forestry*, 36, 181-194.
4. Bragina, E.V.; Ives, A.R.; Pidgeon, A.M.; Balčiauskas, L.; Csányi, S.; Khoyetsky, P.; Kysucká, K.; Lieskovsky, J.; Ozolins, J.; Randveer, T.; et al. (2018) *Wildlife population changes across Eastern Europe after the collapse of socialism*. *Front. Ecol. Environ*, 16, 77–81.
5. Bušs K. (1989), *Meža ekosistēmas*. – Rīga: Zinātne, 63 lpp.
6. Csilléry, K.; Kunstler, G.; Courbaud, B.; Allard, D.; Lassègues, P.; Haslinger, K.; Gardiner, B.A. (2017) *Coupled effects of wind-storms and drought on tree mortality across 115 forest stands from the Western Alps and the Jura mountains*. *Glob. Chang. Biol.*, 23, 5092–5107.
7. Cucchi, V., Meredieu, C., Stokes, A., Berthier, S., Bert, D., Najar, M., Denis, A., Lastennet, R. (2004). *Root anchorage of inner and edge trees in stands of Maritime pine (Pinus pinaster Ait.) growing in different podzolic soil conditions*. *Trees* 18: 460–466.
8. Cukor, J.; Vacek, Z.; Linda, R.; Vacek, S.; Marada, P.; Šimuněk, V.; Havránek, F. (2019) *Effects of Bark Stripping on Timber Production and Structure of Norway Spruce Forests in Relation to Climatic Factors*. *Forests*, 10, 320.
9. Deleuze, C., Herve', J.-C., Colin, F., Ribeyrolles, L. (1996). *Modelling crown shape of Picea abies: Spacing effects*. *Canadian Journal of Forest Research*, 26, 1957-1966.
10. Donis J., Kitenberga M., Šņepsts G., Dubrovskis E., Jansons Ā. (2018). *Factors affecting windstorm damage at the stand level in hemiboreal forests in Latvia: case study of 2005 winter storm*. *Silva Fennica* vol. 52, 8 p.
11. Donis J., Lazdiņš A., Jansons J., Zariņš J., Treimane A., Zdors L., Kupfere L., Šēnhofs R., Lūkins M., Šņepsts G. (2012). *Latvijas meža resursu ilgtspējīgas, ekonomiski pamatotas izmantošanas un prognozēšanas modeļu izstrāde*. Pētījumu projekta pārskats. 67 lpp.
12. Donis J., Šņepsts G., Zdors L. (2019). *Vienvecuma egļu audžu struktūra un tās izmaiņas kopšanas ciršu rezultātā. Vienvecuma egļu meži Latvijā*. Red. J. Jansons. Salaspils: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", Daugavpils Universitātes akadēmiskais apgāds "Saule", 55.-70. lpp.
13. Dreimanis A., *Mežsaimniecības pamati* (2016) : mācību līdzeklis LLU Meža fakultātes studentiem un nozares speciālistiem. Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Meža fakultāte. Studentu biedrība „Šalkone” 92.-103. lpp. Meža izglītības bibliotēka.
14. Eriksson E. (2006). *Thinning operations and their impact on biomass production in stands of Norway spruce and Scots pine*. *Biomass Bioenergy*. 30:848–854.
15. Eriksson, H., and Karlsson, K. (1997). *Effects of different thinning and fertilization regimes on the development of Scots pine (Pinus sylvestris (L.)) and Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.) stands in long-term silvicultural trials in Sweden*

16. Gaitnieks, T.; Zaļuma, A.; Kenigšvalde, K.; Kļaviņa, D.; Brauners, I.; Piri, T. (2019) *Susceptibility of Small-Diameter Norway Spruce Understory Stumps to Heterobasidion Spore Infection*. *Forests*, 10, 521.
17. Gardiner, B.; Schuck, A.R.T.; Schelhaas, M.J.; Orazio, C.; Blennow, K.; Nicoll, B. (2013) *Living with Storm Damage to Forests*; European Forest Institute: Joensuu, Finland, lpp. 1–132.
18. Gardiner, B.A.; Blennow, K.; Carnus, J.-M.; Fleischer, M.; Ingemarson, F.; Landmann, G.; Lindner, M.; Marzano, M.; Nicoll, B.C.; Orazio, C.; et al. (2010) *Destructive storms in European Forests: Past and Forthcoming Impacts*. Final Report to EC DG Environment.
19. Gregow, H.; Peltola, H.; Laapas, M.; Saku, S.; Venäläinen, A. (2011) *Combined Occurrence of Wind, Snow Loading and Soil Frost with Implications for Risks to Forestry in Finland under the Current and Changing Climatic Conditions*. *Silva Fenn.* 45, 35–54.
20. Hanewinkel, M.; Peyron, J.L. (2013) *The economic impact of storms*. In *Living with the Storm Damage*; Gardiner, E., Schuck, A., Schelhaas, M.-J., Orazio, C., Blennow, K., Nicoll, B., Eds.; European Forest Institute: Joensuu, Finland, pp. 55–63.
21. Heinonen, T.; Pukkala, T.; Ikonen, V.P.; Peltola, H.; Gregow, H.; Venäläinen, A. (2011) *Consideration of strong winds, their directional distribution and snow loading in wind risk assessment related to landscape level forest planning*. *For. Ecol. Manage.*, 261, 710–719.
22. Honkaniemi, J.; Lehtonen, M.; Väisänen, H.; Peltola, H. (2017) *Effects of wood decay by Heterobasidion annosum on the vulnerability of Norway spruce stands to wind damage: A mechanistic modelling approach*. *Can. J. For. Res.*, 47, 777–787.
23. *Inventarizēto mežaudžu vecumstruktūra pa koku sugām reģionos, pilsētās, novados un pagastos – Meža īpašuma forma, Valdošā suga, Teritoriālā vienība, Desmitgade, Rādītājs un Laika periods [tiešsaiste] [skatīts 2024. gada 9. janvārī]* https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START/MEP070/
24. *Inventarizētā meža izcristās platības un krājas 2014 - 2022 [tiešsaiste] [skatīts 2024. gada 9. janvārī]* https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START__NOZ__ME__MEZ/MEZ012/
25. Jäghagen K, Lageson H. 1996. *Timber quality after thinning from above and below in stands of Pinus sylvestris*. *Scan J For Res.* 11:336–342.
26. Jansons J., (2019) *Vienvecuma egļu kokaudzes Latvijā – zināšanas 21. gadsimta pirmās piektdaļas beigās.*, Vienvecuma egļu meži Latvijā. Red. J. Jansons. Salaspils: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”, Daugavpils Universitātes akadēmiskais apgāds “Saule”, 5 - 10. lpp.
27. Johansson, T., Karlsson, K. (2004). *Experiment with different thinning intensity and thinning interval in stands of Norway spruce*. Results from a 40-year study. Report No. 4. Uppsala: Department of Bioenergy, Swedish University of Agricultural Sciences (in Swedish with English summary)
28. Jonard, M., Misson, L., Ponette, Q. (2006). *Long-term thinning effects on the forest floor and the foliar nutrient status on Norway spruce stands in the Belgian Ardennes*. *Canadian Journal of Forest Research*, 36, 2684-2695.
29. Juodvalkis A., Kairiukstis L., Vasiliuskas R. (2005) *Effects of thinning on growth of six tree species in north-temperate forests of Lithuania* *Eur. J. For. Res.*, 124, lpp. 187- 192

30. Kärhä, K.; Anttonen, T.; Poikela, A.; Palander, T.; Laurén, A.; Peltola, H.; Nuutinen, Y. (2018) *Evaluation of salvage logging productivity and costs in windthrown Norway spruce-dominated forests*. *Forests*, 9, 280.
31. *Kopšanas ciršu rokasgrāmata* (2008). Latvijas Valsts Meži. Rīga, Latvija, 26.-30.lpp.
32. *Krājas kopšanas buklets* [tiešsaiste] [skatīts 2024. gada 9. janvārī]. Pieejams: https://www.metsagroup.com/globalassets/metsa-forest/metsa-forest-lv/attachments/produkti-pakalpojumi/prew_metsa_kkc-buklets_a4-1.pdf
33. Krisans, O.; Saleniece, R.; Rust, S.; Elferts, D.; Kapostins, R.; Jansons, A.; Matisons, R. (2020) *Effect of Bark-Stripping on Mechanical Stability of Norway Spruce*. *Forests*, 11, 357.
34. Lazdiņš, A., Zimelis, A., Kalēja, S., Ivanovs, J., Meļņiks, R., Strautiņš, Ē., Petaja, G., Lazdiņa, D., Polmanis, K., Krumšteds, L., L., Zalmanis, J., Viļčevskis, K., Saveljevs, G. (2020). *Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma*. Pētījumu projekta pārskats. 137 lpp.
35. Liepa I. (1974), *Biometrija*, izdevniecība “Zvaigzne”, Rīga, 98.-100.lpp
36. Liepa I. (1996). *Pieauguma mācība*. Jelgava: LLU, 124. lpp
37. Liziniewicz M., Ekö P., M., Klang F., (2016): *Effects of five tree-selection strategies when thinning spruce (Picea abies) stands: a case study in a field trail in southern Sweden*, *Scandinavian Journal of Forest Research* 1-37.
38. Lodin, I. (2016) *Choice of Tree Species in the Aftermath of Two Major Storms A Qualitative Study of Private Forest Owners in Southern Sweden*. Master's Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden,.
39. Lohmander, P., Helles, F. (1987). *Windthrow probability as a function of stand characteristics and shelter*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2(2): 227–238.
40. *LVM mežizstrādes norādījumi krājas kopšanas cirsmas* [tiešsaiste] [skatīts 2024. gada 9. janvārī]. Pieejams: https://www.lvm.lv/images/lvm/ProfesionaliEMe%20BEizstr%C4%81de/Pielikumi/Mezizstrades_noradijumi_krajas_kopsanas_cirsmas.pdf
41. Mäkinen, H., Isomaki, A., (2004). *Thinning intensity and growth of Norway spruce stands in Finland*. *Forestry*, 77, 349-364.
42. Mangalis, I. (2004) *Meža atjaunošana un ieaudzēšana - Rīga : Et Cetera*, 455 lpp.
43. Månsson, J.; Jarnemo, A. (2013) *Bark-stripping on Norway spruce by red deer in Sweden: Level of damage and relation to tree characteristics*. *Scan. J. For. Res.* 28, 117–125.
44. Mauriņš A., Zvirgzds A. (2009) *Dendroloģija*. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 452.lpp
45. Metslaid, M.; Palli, T.; Randveer, T.; Sims, A.; Jõgiste, K. (2013) *The condition of Scots pine stands in Lahemaa National Park, Estonia 25 years after browsing by moose (Alces alces)*. *Boreal Environ. Res.*, 18, 25–34.
46. *Meža likums* [tiešsaiste] [skatīts 2024. gada 9. janvārī] <https://likumi.lv/ta/id/2825-meza-likums>
47. *Meža sanitārā stāvokļa uzraudzības apkopojums* [tiešsaiste] [skatīts 2024. gada 9. janvārī]. Pieejams: <https://www.vmd.gov.lv/lv/meza-sanitarais-stavoklis>
48. Mickovski, S.-B. Ennos, A.R. (2002). *A morphological and mechanical study of the root systems of suppressed crown Scots pine (Pinus sylvestris)*. *Trees* 16: 274–280.
49. Misson, L., Vincke, C. Devillez, F. (2003). *Frequency responses of radial growth series after different thinning intensities in Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.) stands*. *Forest Ecology and Management*, 177, 51-63.

50. *Nacionālais meža monitorings* [tiešsaiste] [skatīts 2024. gada 9. janvārī]. Pieejams: <https://silava.lv/images/Petijumi/Nacionalais-meza-monitorings/MRM-rezultati/Kopsavilkums-IV-cikla-pirmie-4-gadi.xlsx>
51. Nagel, T.A.; Diaci, J. (2006) *Intermediate wind disturbance in an old-growth beech-fir forest in southeastern Slovenia*. *Can. J. For. Res.*, 36, 629–638.
52. Nicoll, B.C., Gardiner, B.A., Peace, A.J. (2008). *Improvements in anchorage provided by the acclimation of forest trees to wind stress*. *Forestry* 81(3): 389–398.
53. Nicoll, B.C., Gardiner, B.A., Rayner, B., Peace, A.J. (2006). *Anchorage of coniferous trees in relation to species, soil type and rooting depth*. *Canadian Journal of Forest Research* 36: 1871–1883.
54. Nicoll, B.C., Ray, D. (1996). *Adaptive growth of tree root systems in response to wind action and site conditions*. *Tree physiology* 16: 891–898.
55. Nilsson, U., Agestam, E., Ekö, P-M., Elfving, B., Fahlvik, N., Johansson, U., Karlsson, K., Lundmark, T. and Wallentin, C., (2010). *Thinning of Scots pine and Norway spruce monocultures in Sweden – Effects of different thinning programmes on stand level gross- and net stem volume production*. *Studia Forestalia Suecia* 219. 46 pp.
56. Nykänen, M.-L., Peltola, H., Quine, C., Kellomäki, S., Broadgate, M. (1997). *Factors affecting snow damage of trees with particular reference to European conditions*. *Silva Fennica* 31(2): 193–213
57. *Noteikumi par koku ciršanu mežā*; Ministru kabineta noteikumi Nr.935 [tiešsaiste] [skatīts 2024. gada 9. janvārī] <https://likumi.lv/ta/id/253760-noteikumi-par-koku-cirsanu-meza>
58. Pape R. (1999). *Effects of thinning regime on the wood properties and stem quality of Picea abies*. *Scan J For Res.* 14:38–50.
59. Peltola, H. (1996). *Swaying of trees in a response to wind and thinning in a stand of Scots pine*. *Boundary Layer Meteorology* 77: 285–304.
60. Peltola, H.; Ikonen, V.P.; Gregow, H.; Strandman, H.; Kilpeläinen, A.; Venäläinen, A.; Kellomäki, S. (2010) *Impacts of climate change on timber production and regional risks of wind-induced damage to forests in Finland*. *For. Ecol. Manag.*, 260, 833–845.
61. Peltola, H.; Kellomäki, S. (1993) *A mechanistic model for calculating windthrow and stem breakage of Scots pines at stand edge*. *Silva Fenn.*, 27, 99–111.
62. Peltola, H.; Kellomäki, S.; Hassinen, A.; Granander, M. (2000) *Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: An analysis of tree-pulling experiments in Finland*. *For. Ecol. Manage.* 135, 143–153.
63. Persson, P. (1972). *Stand treatment and damage by wind and snow – survey of younger thinning experiments*. Royal College of Forestry, Department of forest yield research. Research Notes 23. 205 p. (In Swedish with English abstract).
64. Pretzsch, H. (1992). *Modelling crown competition of spruce and beech in pure and mixed stands*. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 163, 203-213 (in German with English summary).
65. Pretzsch, H., (2020). *Density and growth of forest stands revisited*. Effect of the temporal scale of observation, site quality, and thinning. *For. Ecol. Manage.* 460,
66. Richter, C. (2015) *Wood Characteristics: Description, Causes, Prevention, Impact on Use and Technological Adaptation*; Springer Internationale Publishing: Basel, Switzerland, p. 222.
67. Saliņš, Z. (1999) *Meža izmantošana Latvijā – vēsture, stāvoklis, perspektīvas*. Jelgava: Meža izmantošanas kat., 270 lpp.
68. Saliņš, Z. (2002) *Mežs – Latvijas nacionālā bagātība*. Jelgava: Autora izd., 248 lpp.

69. Schroeder, L.M. (2001) *Tree Mortality by the Bark Beetle Ips typographus (L.) in storm-disturbed stands*. Integr. Pest Manag. Rev. 6, 169–175.
70. Schulze, E.D.; Bouriaud, O.; Wäldchen, J.; Eisenhauer, N.; Walentowski, H.; Seele, C.; Heinze, E.; Pruschitzki, U.; Danila, G.; Marin, G.; et al. (2014) *Ungulate browsing causes species loss in deciduous forests independent of community dynamics and silvicultural management in Central and Southeastern Europe*. Ann. For. Res., 57, 267–288.
71. Seidl, R.; Rammer, W. (2017) *Climate change amplifies the interactions between wind and bark beetle disturbances in forest landscapes*. Landsc. Ecol. 32, 1485–1498.
72. Seidl, R.; Schelhaas, M.J.; Rammer, W.; Verkerk, P.J. (2014) *Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage*. Nat. Clim. Chang. 4, 806–810.
73. Seidl, R.; Thom, D.; Kautz, M.; Martin-Benito, D.; Peltoniemi, M.; Vacchiano, G.; Wild, J.; Ascoli, D.; Petr, M.; Honkaniemi, J.; et al. (2017) *Forest disturbances under climate change*. Nat. Clim. Chang. 7, 395–402.
74. Skovsgaard, J. P. (2009). *Analysing effects of thinning on stand volume growth in relation to site conditions: A case study for even-aged Sitka spruce (Picea sitchensis (Bong.) Carr.)*. Forestry, 82, 87-104.
75. Snepsts, G., Kitenberga, M., Elferts, D., Donis, J., Jansons, A. (2020). *Stem Damage Modifies the Impact of Wind on Norway Spruces*. Forests, 11(4), Article 463.
76. Valinger, E., Lundqvist, L. (1992). *Influence of thinning and nitrogen fertilization on the frequency of snow and wind induced stand damage in forests*. Scottish Forestry 46: 311–320.
77. Valinger, E., Lundqvist, L. and Brandel, G. (1994). *Wind and snow damage in a thinning and fertilisation experiment in Pinus sylvestris*. Scandinavian Journal of Forest Research 9: 129–134.
78. Vasiliauskas R (1993) *Wound decay of Norway spruce associated with logging injury and bark stripping*. Proc Lith For Res Inst 33:144–156
79. Vasiliauskas, R., (2001), *Forestry: An International Journal of Forest Research*, Volume 74, Issue 4, Pages 319–336
80. Vasiliauskas, R.; Stenlid, J.; Johansson, M. (1996) *Fungi in bark peeling wounds of Picea abies in central Sweden*. Eur. J. Plant Pathol., 26, 285–296.
81. Wallentin C. (2007). *Thinning in Norway spruce*. Diss. Alnarp: Swedish University of Agricultural Sciences.
82. Wallentin C., and Nilsson U., (2011) *Initial effect of thinning on stand gross stem-volume production in a 33-year-old Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.) stand in Southern Sweden*, Scandinavian Journal of Forest Research, 26:S11, 21-35
83. Wallentin, C., and Nilsson, U. (2013)., *Storm and snow damage in a Norway spruce thinning experiment in southern Sweden*. Forestry, 87, 229–238.
84. Zālītis, P., Lībiete, Z., un Jansons, J., (2017). *Kokaudžu augšana mūsdienīgi veidotās jaunaudzēs*. Salaspils: LVMI Silava, DU AA “Saule”, 117 lpp.
85. Zeide B. (2001) *Thinning and Growth*. Journal of forestry, Volume 99, Issue 1, p. 20- 25.
86. Zeide, B. (2006). *Evolution of silvicultural thinning: from rejection to transcendence*. In Proceedings of the 13th Biennial Southern Silvicultural Research Conference. General Technical Report SRS-92. Ed. Connor, K.F., Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, lpp. 322–327
87. Zubizarreta-Gerendiain, A., Pellikka, P., Garcia-Gonzalo, J., Ikonen, V.P., Peltola, H. (2012). *Factors affecting wind and snow damage of individual trees in a small*

management unit in Finland: assessment based on inventoried damage and mechanistic modelling. Silva Fennica 46(2): 181–196.

88. Буш, К.К., Иевинь, И.К. (1984) *Экологические и технологические основы рубок ухода*. Рига, «Зинатне», 174 с.

APLIECINĀJUMS

Ar šo es, Pāvels Rigalovs, apliecinu, ka diplomdarbs izstrādāts patstāvīgi. Visi izmantotie informācijas avoti uzrādīti maģistra darbā. LLU IS augšupielādētais darba elektroniskais variants sakrīt ar

 datums

_____ P. Rigalovs
 paraksts un tā atšifrējums